



# Volvo 740 taka-akseliston muutos

Multilink-akseliston sovitus

Niko Erämaa

Opinnäytetyö  
Joulukuu 2021

Ajoneuvotekniikka  
Auto- ja Korjaamotekniikka

## TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Ajoneuvotekniikka  
Auto- ja Korjaamotekniikka

ERÄMAA, NIKO:  
Volvo 740 taka-akseliston muutos  
Multilink-akseliston sovitus

Opinnäytetyö 52 sivua, joista liitteitä 0 sivua  
Joulukuu 2021

---

Työssä Volvo 740 ajoneuvon taka-akseli muutettiin toisenlaiseksi ja sen muutostyö dokumentoitiin. Työssä käytiin läpi ajoneuvon akselistöihin liittyvä teoria. Teoria sisälsi tietoa ajoneuvon pyörän asentokulmista ja ajoneuvoon kuuluvista komponenteista. Näihin komponentteihin lukeutui esimerkiksi jarrut, jouset, heilahduksenvaimentimet ja renkaat.

Työssä tutustuttiin myös ajoneuvon muutoskatsastukseen huomioitaviin seikkoihin. Lisäksi käytiin läpi itse taka-akselin muutos ja siihen vaikuttaneet asiat. Taka-akseliin läheisesti liittyneet osat ja niihin tarvittavat muutokset käytiin myös läpi. Työn lopussa laskettiin saavutetut hyödyt ja pohdittiin työn kannattavuutta lopputuloksen perusteella.

---

Asiasanat: taka-akseli, muutoskatsastus, asentokulmat

## **ABSTRACT**

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Tampere University of Applied Sciences  
Vehicle Engineering  
Automotive and Garage Engineering

ERÄMAA NIKO:  
Volvo 740 rear axle modification  
Fitting of a multilink axle

Bachelor's thesis 52 pages, appendices 0 pages  
December 2021

---

Volvo 740 rear axle was changed to another type of rear axle and the work was documented. Vehicle axle theory was reviewed. The theory part contained information about vehicle wheel alignment and vehicle components including brakes, springs, shock absorbers and tires.

Part of the work was to go through things regarding the inspection. Also, the modification process itself. The new rear axle and its parts and miscellaneous information regarding it were covered.

At the end of the thesis the achieved benefits were calculated, and the profitability of the work was considered based on the results.

---

Key words: rear axle, inspection, alignment

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO .....	6
2	AJONEUVON PYÖRÄNKULMAT JA ALUSTANOSAT .....	7
	2.1 Camber-kulma .....	7
	2.2 Caster-kulma .....	8
	2.3 KPI-kulma ja olkapoikkeama .....	9
	2.4 Aoraus- ja harituskulma .....	10
	2.5 Ominaisohjaus .....	11
	2.6 Kaarrekallistuma ja massan vaikutus .....	12
	2.7 Pyöränkuormien muutokset .....	16
	2.8 Renkaat .....	17
	2.9 Jarrut .....	20
	2.10 Jouset .....	21
	2.11 Heilahduksenvaimentimet .....	23
	2.12 Voimansiirto .....	26
3	KÄYTÄNNÖN TOTEUTUS .....	28
	3.1 Taustatyö .....	28
	3.2 Taka-akseli .....	28
	3.3 Jarrut/käsijarru .....	32
	3.4 Jouset ja heilahduksenvaimentimet .....	32
	3.5 Polttoainetankki .....	33
	3.6 Voimansiirto .....	34
4	TIELIIKENNELAILLISUUS .....	36
	4.1 Taka-akseli .....	36
	4.2 Jarrut .....	37
	4.3 Jouset .....	38
	4.4 Heilahduksenvaimentimet .....	39
	4.5 Vaihteisto ja välityssuhteet .....	39
	4.6 Renkaat ja vanteet .....	40
5	TULOKSET .....	42
6	POHDINTA .....	48
	LÄHTEET .....	51

**TERMIT JA LYHENTEET**

Multilink-akseli	Erillisjousitettu akselisto
KPI-kulma	Kääntöakselin sivukallistuma
Macpherson	Joustintukijousitus
ABS	Lukkiutumaton jarrujärjestelmä
IRS	Erillisjousitettu taka-akseli
$f_{01}$	Ajoneuvon korin ominaistaajuus, Hz
$c_1$	Ajoneuvon jousen jousivakio, N/m
$m_1$	Ajoneuvon jousitettu massa, kg
$c_2$	Ajoneuvon pyörän jousivakio, N/m
$m_2$	Ajoneuvon jousittamaton massa, kg
$f_{02}$	Ajoneuvon pyörän ominaistaajuus, Hz

## 1 JOHDANTO

Opinnäytetyön tarkoituksena on muuttaa vuoden 1988 Volvo 740 alkuperäisen jäykän taka-akselin tilalle Volvo 960 -mallista löytyvä multilink taka-akselisto. Työ toteutetaan kyseisen ajoneuvon ajo-ominaisuuksien parantamiseksi. Volvo 740 tuotanto lopetettiin vuonna 1992 ja siihen asennettava akselisto otetaan vuoden 1996 Volvo 960 -mallista.

Työssä käydään myös läpi teoriapohjalta pyöränkulmiin vaikuttavia ominaisuuksia. Lisäksi selvitetään yleisesti ajoneuvon akselistosta löytyvien komponenttien toiminta ja kyseisten komponenttien keskeisiä eroavaisuuksia suunnittelussa ja ominaisuuksissa. Työssä käydään läpi myös uuden akseliston katsastamiseen liittyvät lakitekniset vaatimukset ajoneuvon katsastamisesta tieliikennekäyttöön.

Viimeisenä käydään läpi akseleiden keskeiset mekaaniset eroavaisuudet, sekä niiden ajoon vaikuttavien ominaisuuksien erot. Tässä hyödynnetään aikaisemmissa kappaleissa selvitettyä asiaa. Työssä pyritään selittämään prosessi siten, että muutkin asiasta innostuneet voivat ottaa oppia ja mahdollisesti toteuttaa samanlaisen muutoksen omaan ajoneuvoonsa.

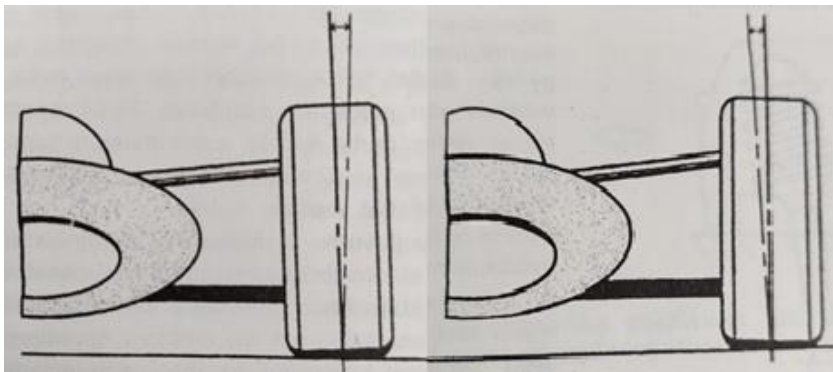
Työn toteutus on lähtöisin opinnäytetyön tekijän innostuksesta kehittää jo omistuksesta löytyvän ajoneuvon ajo-ominaisuuksia. Työtä tehdessä kehittyi opintojen aikana opituista asioista esimerkiksi alustan ominaisuuksiin liittyen.

## 2 AJONEUVON PYÖRÄNKULMAT JA ALUSTANOSAT

Tässä kappaleessa käydään pyöränkulmien ja ajoneuvon alustasta löytyvien komponenttien teoreettista pohjaa läpi, jotta voidaan ymmärtää molempien akseleiden haitat ja hyödyt. Näiden tietojen avulla on helpompi vertailla akseleiden välisiä eroavaisuuksia ja havainnollistaa niiden ominaisuuksia.

### 2.1 Camber-kulma

Ajoneuvon pyöränkulmia tutkittaessa camber-kulmalla tarkoitetaan renkaan sivukallistumaa. Sivukallistuma tarkoittaa renkaan keskiviivan ja pystysuoran välistä kulmaa renkaan edestä tai takaa katsottuna. Camber-kulman ollessa 0, on rengas täysin pystysuorassa. Renkaan ollessa kallistunut sisäänpäin, on camber-kulma negatiivinen. Camber-kulma on positiivinen renkaan kallistuessa ulospäin. Kuvassa 1 on nähtävissä vasemmalla puolen negatiivinen camber-kulma ja oikealla positiivinen camber-kulma. (Niemi & Nieminen 1990, 234; Mauno 1991, 6–8; Hyvärinen ym. 2002, 247–248.)



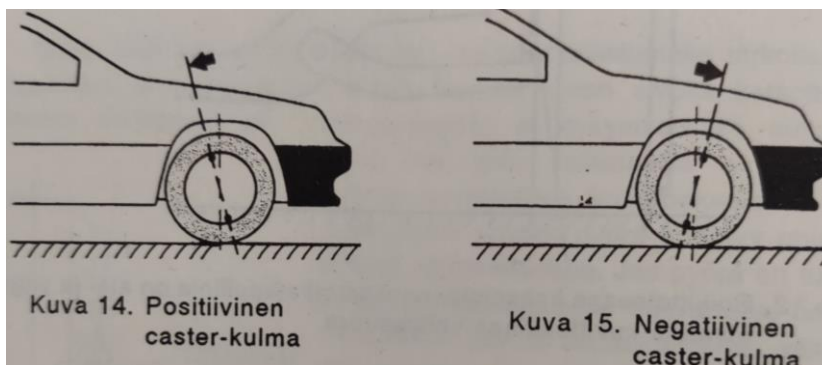
KUVA 1. Negatiivinen ja positiivinen camber-kulma (Mauno 1991, 6–7.)

Renkaan sivukallistumalla on suuri merkitys ajoneuvoon erilaisissa ajotilanteissa. Esimerkiksi sopiva positiivinen camber-kulma poistaa pyöräntuennan ja akseliston taipumisesta johtuvan asennonmuutoksen siten, että kuormatussa autossa camber-kulma lähenee nollaa astetta tien pintaan nähden. Negatiivisella camber-kulmalla taas saadaan lisää pitoa nopeaan kaarreajoon. Suurella sivukallistu-

malla on myös huonot puolensa. Suoralla tiellä se aiheuttaa renkaiden nopeamman kulumisen ja pidon vähenemisen. Normaaliajotilanteessa pyritään lähelle nollan asteen sivukallistumaa. Kuormittamattoman ajoneuvon camber-kulmat pyritään säätämään hieman positiivisen puolelle, jotta kuormitettuna ne lähenisivät nollaa. Tällöin rengas kohtaisi tienpinnan mahdollisimman kohtisuorasti maksimaalisen pidon saavuttamiseksi. Joustaessa pyritään, että camber-kulma muuttuisi ennemmin negatiivisen, kuin positiivisen puolelle. Kuitenkin muuttuen mahdollisimman vähän, jotta pysyttäisiin nollan asteen tuntumassa. (Niemi & Nieminen 1990, 234; Mauno 1991, 6–8; Hyvärinen ym. 2002, 247–248.)

## 2.2 Caster-kulma

Caster-kulmalla mitataan kääntöakselin takakallistumaa. Tämä on havainnollistettu kuvassa 2. Kääntöakselilla oleva iskunvaimentimen yläpää on yleensä käännetty sivukallistuman lisäksi myös taaksepäin. Näin ollen pystysuoran ja kääntöakselin välinen kulma, eli caster-kulma on positiivinen. Caster-kulman suuruus vaihtelee ajoneuvoittain tyypillisimmin nollan ja viiden asteen välillä. Caster-kulman ansiosta pyörä pyrkii pysymään ajosuunnassa, sillä se muuttaa pyörän työnnetystä vedetyksi. Mitä suuremmaksi caster-kulma muuttuu positiivisella puolella, sitä voimakkaammin pyörä itseohjautuu ja sitä enemmän tarvitaan voimaa pyörän kääntämiseen. Tästä ilmiöstä syntyy kuljettajalle ajoneuvon ohjaus-tunto ja sen avulla kuljettajan on helpompi aistia pyörien asento. (Niemi & Nieminen 1990, 239–240; Mauno 1991, 14–18; Hyvärinen ym. 2002, 248–249.)

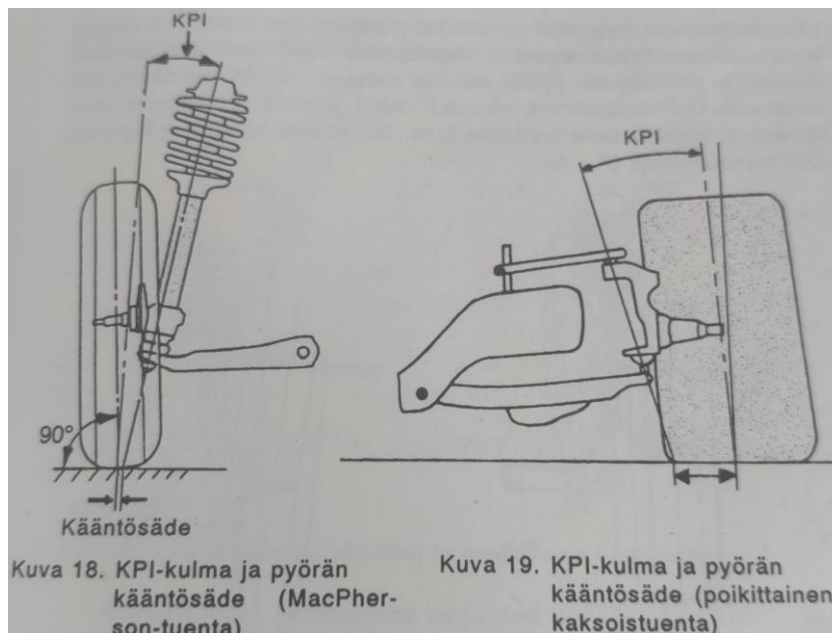


KUVA 2. Positiivinen ja negatiivinen caster-kulma (Mauno 1991, 16.)



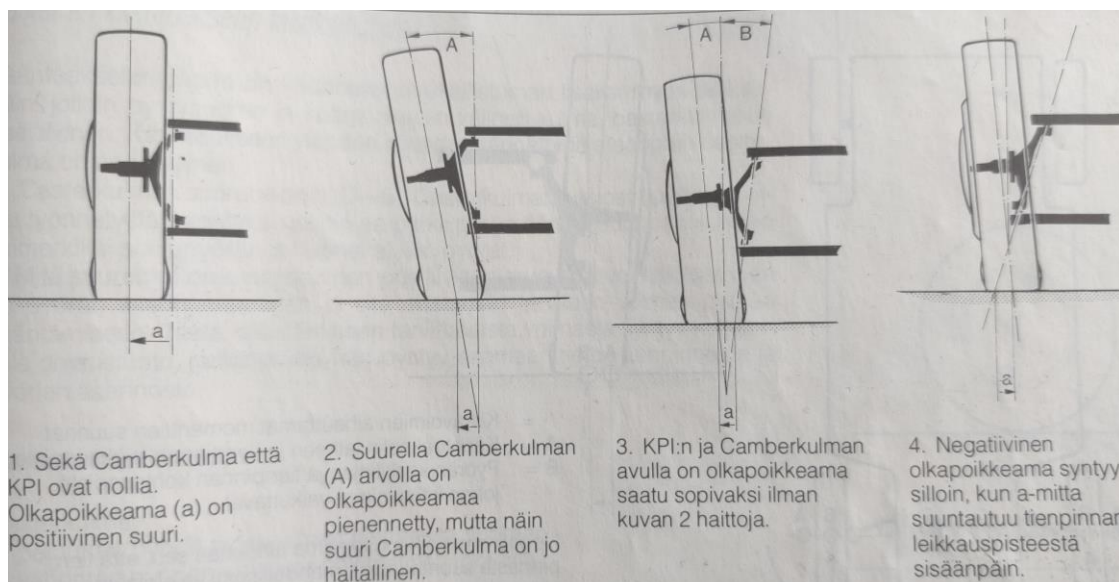
### 2.3 KPI-kulma ja olkapoikkeama

KPI-kulmalla mitataan kääntöakselin sivukallistumaa ja se liittyy läheisesti caster-kulmaan. Kuvassa 3 on havainnollistettu KPI-kulman mittaustapa. Kääntöakselin asentokulmille ominaista on, etteivät ne vaikuta etupyörien asentoon suoraan ajattaessa. Näiden kulmien vaikutukset tulevat esille vasta kaarreaajossa. Nämä asentokulmat on mitattava renkaat käännettynä, sillä renkaiden ollessa suorassa ei niitä voida mitata. KPI-kulmaa mitataan asteilla ja se on tyypillisesti kolmen ja kahdeksan asteen välillä. (Niemi & Nieminen 1990, 237–238; Mauno 1991, 18–20; Hyvärinen ym. 2002, 249.)



KUVA 3. KPI-kulma erilaisissa alustaratkaisuissa (Mauno 1991, 19.)

Tämän kulman merkitys on helpompi esittää olkapoikkeaman avulla, joka on riippuvainen KPI-kulmasta ja camber-kulmasta. Olkapoikkeamalla mitataan pyörän kosketuspisteen kääntösädettä. Kuvassa 4 on esitetty a-mitalla olkapoikkeaman mittaaminen. Olkapoikkeamalla mitataan kääntöakselin jatkeen ja pyörän keski-viivan etäisyyttä tienpinnan tasossa. Olkapoikkeaman suuntautuessa kääntöakselin jatkeen ja tienpinnan leikkauskohdasta ulospäin on se silloin positiivinen. Kulma on negatiivinen, kun olkapoikkeama suuntautuu jatkeen ja tienpinnan leikkauskohdasta sisäänpäin. (Niemi & Nieminen 1990, 237–238; Mauno 1991, 18–20; Hyvärinen ym. 2002, 249.)



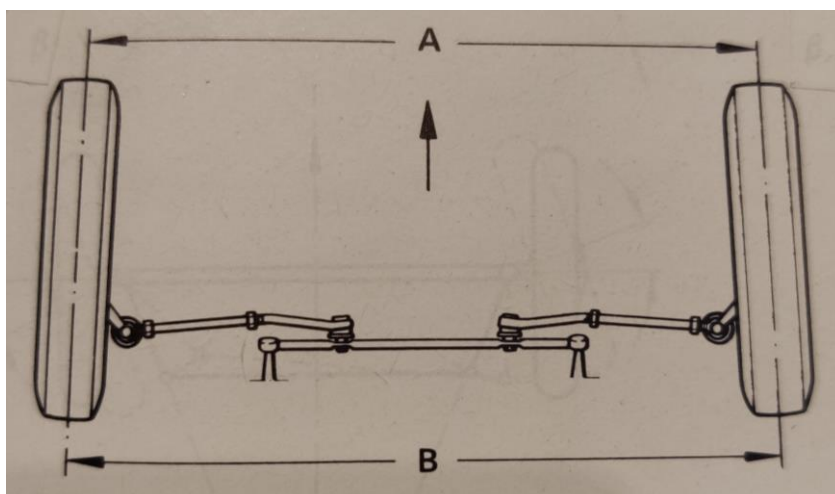
KUVA 4. Olkapoikkeaman esitys (Niemi & Nieminen 1990, 237.)

Negatiivinen olkapoikkeama aiheuttaa tienpinnasta suuntautuvien vaihtuvien kitkavoimien johdosta ajoneuvon oikeenemisen kaartotilanteesta. Tämä on eduksi esimerkiksi renkaan puhjetessa, jarruttaessa pienikitkaisella pinnalla tai toisen jarrupiiriin vikaantuessa. Tasaisten kitkaolosuhteiden vallitessa renkaisiin kohdistuvien iskujen ja jarrutusvoimien vaikutukset ohjauspyörän liikkeeseen pienenevät. KPI-kulman ansiosta camber-kulmat voidaan jättää varsin pieniksi, jolloin renkaiden kuluminen saadaan minimoitua camber-kulman osalta. Keskisuurilla kääntymiskulmilla se auttaa palauttamaan ohjausta takaisin keskiasentoon. KPI-kulman ollessa riittävän suuri, saadaan renkaaseen negatiivinen olkapoikkeama, joka parantaa auton käyttäytymistä jarruttaessa tienpinnoilla, joilla kitkaolosuhteet ovat vaihtelevat. Mikäli KPI-kulma on liian suuri, alkaa tulemaan negatiivisesti vaikuttavia ominaisuuksia. Esimerkiksi kaarreaajossa syntyy värähtelyjä, koska suurella KPI-kulmalla myös camber-kulma suurenee kääntyessä. Samasta syystä renkaiden palautuminen vaikeutuu suurista kääntökulmista. (Niemi & Nieminen 1990, 237–238; Mauno 1991, 18–20; Hyvärinen ym. 2002, 249.)

## 2.4 Auraus- ja harituskulma

Aurauskulmalla tarkoitetaan pyörien etureunojen välisen etäisyyden olevan pienempi, kuin pyörien takareunojen. Harituskulmalla taas tarkoitetaan, että renkai-

den etureunojen etäisyys on isompi verrattaessa renkaiden takareunoihin. Kuvassa 5 tämä on havainnollistettuna. (Niemi & Nieminen 1990, 235–236; Mauno 1991, 20–27; Hyvärinen ym. Sirola 2002, 251–252.)



KUVA 5. Aorauskuvaaja (Niemi & Nieminen 1990, 235.)

Aurauksella pyritään eliminoimaan vierintävastuksen vaikutuksesta aiheutuva ohjausvivuston joustaminen, joka johtaa harituspyrkimykseen. Aorauskulma myös auttaa palauttamaan ohjauksen takaisin keskelle pienillä käänkokulmilla. Näiden lisäksi aurauksella voidaan kompensoida liian suuria camber-kulmia ajoneuvoissa, joissa camber-kulman säätömahdollisuutta ei ole. Liian suuri tai liian pieni aoraus- tai harituskulma aiheuttaa renkaan epätavallista kulumaa. (Niemi & Nieminen 1990, 237–238; Mauno 1991, 18–20; Hyvärinen ym. 2002, 249.)

## 2.5 Ominaisohjaus

Renkaiden sisään- ja ulosjouston aikaisesta aorauskulmamutoksesta puhutaan käsitteellä ominaisohjaus. Nämä muutokset johtuvat siitä, että raidetangon sisäpää on kiinteästi hammastangossa kiinni, joka taas on kiinni ajoneuvon korissa tai rungossa. Raidetangon ulkopää sen sijaan on pyörännavassa kiinni ja liikkuu renkaan liikkeen mukaisesti. Pyörien joutaessa ylös ja alas suunnassa, aiheuttaa se väkisin renkaiden kääntymisen ilman kuljettajan toimia. Helpoiten tämä käy jouset ja iskunvaimentimet irrottamalla ja mittaamalla muuttuuko raideväli ajoneuvoa nostamalla tai laskemalla. Merkittäviä raidevälimuutoksia havaitessa on syytä tehdä muutoksia alustaan. Tässä tilanteessa täytyy muuttaa joko

ohjausvaihteen paikkaa tai olkavarsien muotoilua. Tämän ilmiön voi havaita etu-akseliston lisäksi myös taka-akselistossa. Taka-akselistossa se johtuu pyöräntuennan geometriasta. Joissain tapauksissa autovalmistajat ovat käyttäneet tätä edukseen ja suunnitelleet passiivisia nelipyöräohjauksia taka-akselin ominaisuuksia hyödyntäen. (Mauno 1991, 80–82.)

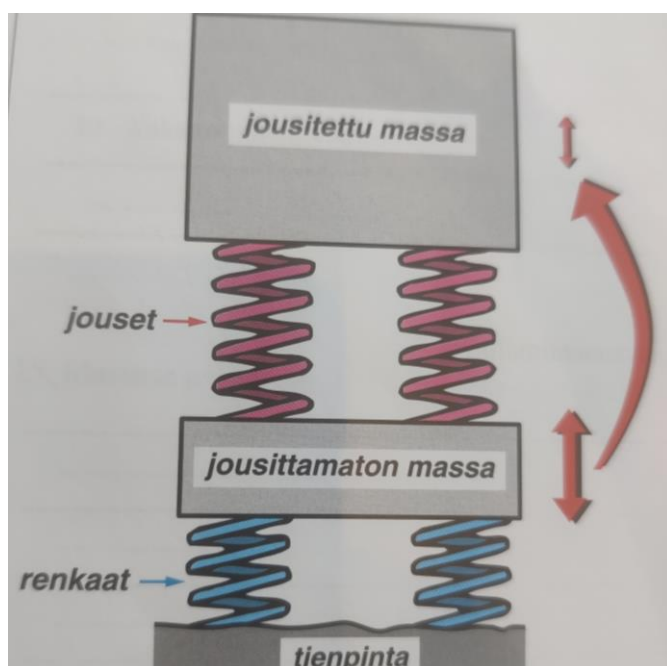
## 2.6 Kaarrekallistuma ja massan vaikutus

Jokaisella ajoneuvolla on ominainen painopiste, mistä tuettuna ajoneuvo on täysin tasapainossa. Painopisteellä on vaikutus kaarrekallistumaan, nyökkäykseen ja niiaukseen, sekä auton yli- ja aliohjautumiseen. Ihanteellinen painopiste saavutetaan noin 50/50 painojakaumalla. Tämä tarkoittaa, että ajoneuvon paino jakautuu tasaisesti etu- ja taka-akselin kesken. Tämän lisäksi pyritään saamaan ajoneuvon painopiste mahdollisimman matalalle. Matalalla painopisteellä voidaan auttaa, ettei ajoneuvo käänny kyljelleen tai katolleen tiukoissa mutkissa tai väistötilanteissa. Otetaan kuitenkin huomioon, että nämä väitteet eivät päde esimerkiksi kiihdytysautoissa, missä halutaan vetäville pyörille mahdollisimman paljon pitoa, jolloin niille halutaan tuoda painoa pidon parantamiseksi. (Mauno 1991, 28–39.)

Helpoin keino laskea painopistettä, on laskea koko ajoneuvon korja alemmas. Tässä tosin tulee ongelmaksi vähentynyt maavara, joten korin laskemisen suhteen tarvitsee tehdä kompromisseja. Painopisteen siirtymisellä akselin pituus-suunnassa taas voidaan vaikuttaa ajoneuvon yli- ja aliohjautumiseen. Enemmän painoa keulassa nostaa yliohjautumista, kun taas enemmän painoa perässä nostaa auton aliohjautumista. (Mauno 1991, 28–39.)

Ajoneuvon massa on jaettavissa kahteen eri osaan, jousitettuun ja jousittamattomaan. Kuvassa 6 tämä on havainnollistettu. Jousitettuun massaan sisältyy ajoneuvon kori, moottori, vaihteisto ja useita muita osia, jotka ovat koriin yhteydessä. Jousittamattomaan massaan sen sijaan kuuluu vanteet, renkaat, jarruosat, pyörien navat ja joissain tapauksissa akselistot tai sen osat. Esimerkiksi jäykkä akselistorakenne kuuluu lähes kokonaisuudessaan jousittamattoman massan piiriin. Osa osista kuten jouset, iskunvaimentimet, raidetangonpää ja akselistoon

liittyvät osat ovat korissa ja akselistossa kiinni. Nämä kuuluvat osittain kumpaankin kategoriaan. Esimerkiksi renkaan joustaessa painaa se jousta kasaan ja jousi painuessaan nostaa koria ylöspäin. Kori pyrkii painollaan tätä liikettä vastustamaan. Tähän liikkeeseen vaikuttaa vahvasti jousen jäykkyys ja jousittamaton massa, mikä pyrkii koria nostamaan. Mitä pienempi jousittamaton massa on suhteessa jousitettuun massaan, sitä paremmin kori vastustaa liikettä ja sitä paremmin rengas pysyy maata vasten. Tämän takia on syytä miettiä ajoneuvoissa jousittamattoman massan alentamista, siinä määrin miten se on mahdollista. Toisaalta koska kyse on suhteesta, voidaan jousitettua massaa myös nostaa. Ajoneuvon massan nostaminen ei ole kuitenkaan koskaan eduksi, joten sitä pyritään välttämään. Tämän takia esimerkiksi Formula 1 ajoneuvoissa on alettu keksiä erinäisiä tapoja vähentää jousittamatonta massaa. Niissä käytetään esimerkiksi hiilikuidusta valmistettuja jarrulevyjä. (Mauno 1991, 28–39.)

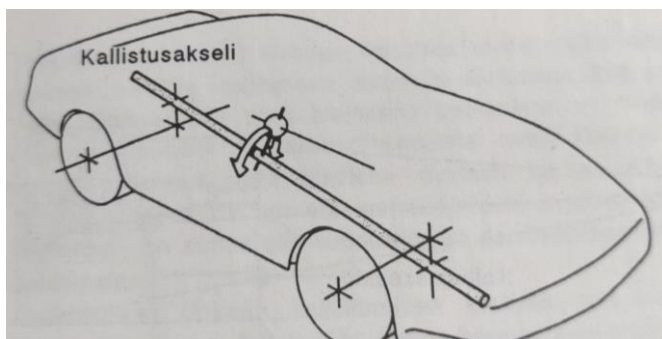


KUVA 6. Jousitettu ja jousittamaton massa (Hyvärinen ym. 2002, 114.)

Massan ja painopisteen suhteen läheinen asia on kaarrekallistuma. Kaarrekallistuma aiheuttaa ajoneuvon massan hakeutumista kaarteissa ulkokaarten puolelle ja aiheuttaa ei haluttuja pidon vähentymisiä ja sitä myötä auton yli- tai aliohjaantumista. Kaarrekallistuma on matkustajille varsin epämukavaa. Tämä johtuu pääosaisesti siitä, että korin kallistuessa ajoneuvon painopiste nousee ylemmäs ja lähemmäs ulkokurvia. Tällöin ulkokaarten puoleisille renkailla tulee enemmän

kuormittavaa massaa. Tämän muutoksen vaikutus on suurempi, mitä korkeammalla ajoneuvon painopiste on. Kaarrekallistuman johdosta pyörille syntyy suuria camber-kulmamutoksia. Kuten aiemmin selvitettiin, halutaan renkaat pitää mahdollisimman kohtisuorassa tienpintaa vasten, eli camber-kulma mahdollisimman lähellä nollaa astetta ajaessa, koska renkaiden ollessa kohtisuoraan tienpintaa vasten on sivuttaispito korkeimmillaan. Ajoneuvoissa, joissa kaarrekallistuma on suurta, ei päästä lähelle ihanteellista tilannetta camber-kulman suhteen. Tämän lisäksi ulkokaarten puolella olevat iskunvaimentimet ja jouset ovat huomattavasti enemmän liikkuneet liikematkansa suhteen, jolloin niiden jousto- ja liikevara on huomattavasti pienemmät, kuin sisäkaarten puoleisilla osilla. Näin ollen ulkokaarten puolella on riski, että pienikin töyssy aiheuttaa iskunvaimentimien ja jousien liikematkan loppumisen ja osien pohjaanlyömisien. Tämä ilmiö taas aiheuttaa nopean jousijäykkyyden kasvun, mikä voi johtaa pidon menettämiseen ja pahimmassa tapauksessa tieltä suistumiseen. (Mauno 1991, 28–39.)

Jokaisella ajoneuvolla ja jokaisella pyöräntuennalla on erilainen kallistuskeskiö. Kallistuskeskiön ympäri syntyvä keskipakoisvoima pyrkii kallistamaan ajoneuvon jousitettua massaa. Näiden kallistuskeskiöiden välille voidaan kuvitella akseli, jota kutsutaan kallistusakseliksi. Kuvassa 7 nähdään kallistusakseli havainnollistettuna. Tämä toimii koko ajoneuvon kallistusakselina. Painopisteen korkeus kallistusakselista vaikuttaa korin kallistumisen suuruuteen. Mikäli kallistusakseli kulkee juuri painopisteen kohdalta, ei ajoneuvo kallistu ollenkaan, vaikka kaarreajonopeus olisi kuinka suuri. Todellisuudessa tällaista tilannetta tosin ei koskaan tapahdu. (Mauno 1991, 28–39.)



KUVA 7. Kallistusakseli (Mauno 1991, 33.)

Jotta kallistuskeskiöön voitaisiin vaikuttaa, vaatisi se tukivarsien ja muiden akseliston osien uudelleen sijoittelua. Tämä on työlästä, kallista ja aikaa vievää. Tämän takia on helpompi keksiä vaihtoehtoisia ratkaisuita sen vähentämiseksi. Jousijäykkyyksiä nostamalla voidaan vähentää kaarrekallistumaa, mutta se vaikuttaisi samalla negatiivisella tavalla ajettavuuteen, mikäli jousijäykkyys nousee liian suureksi. Hyvä keino vähentää kaarrekallistumaa on joko vähentää massaa, alentaa painopistettä tai laittaa ajoneuvoon kallistuksenvakaaja. Kallistuksenvakaaja on vääntötaivutustanko, joka lisää kallistusjäykkyyttä, muttei vaikuta jousijäykkyyteen. Näin ollen voidaan pitää löysemmät jouset ajomukavuuden takaamiseksi, mutta samalla tehokkaasti vaimentaa korin kallistumista. Kallistuksenvakaajan idea on vastustaa kiertymis- ja taipumisliikettä. Kallistuksenvakaaja kiinnitystavat vaihtelevat, mutta yleisin tapa on kiinnittää vakaaja koriin ja molempiin päihin akselia. Joissain tapauksissa käytetään kallistuksenvakaajan yhdystankoja kiinnitykseen. Kallistuksenvakaaja pyrkii vastustamaan akseliston eriaikaista kääntymisilmiötä. Esimerkiksi kaarreajossa vasemmalle kääntyessä oikea puoli auton korista kallistuu lähemmäs maata ja vasen puoli kallistuu kauemmas maasta. Tällöin toinen puoli jousituksesta on sisäänjoustaneena ja toinen puoli on ulosjoustaneena. Kuvassa 8 voidaan nähdä esimerkki, kuinka kallistuksenvakaaja on kiinnitetty ajoneuvoon. Toisen puolen akselistosta jousaessa pyrkii kallistuksenvakaaja väännättämään itseään kuvassa näkyvään ”perusasentoon” ja tällä tavoin minimoimaan kaarrekallistumaa. (Mauno 1991, 28–39.)



KUVA 8. Akselirakenne, jossa punaisella esitetty kallistuksenvakaaja (Stillen n.d.)

Kallistuksenvakaajasta on hyötyjen lisäksi myös haittaa. Haittapuolina voidaan pitää esimerkiksi tilannetta, jossa vain toinen puoli akselistosta joustaa. Tällöin vakaaja pyrkii nostamaan toistakin rengasta ylöspäin, vaikka sen pitäisi nimenomaan painaa tätä alaspäin pidon maksimoimiseksi. Tilanne pahenee entisestään, mikäli esimerkiksi vasen rengas osuu töyssyyn ja samanaikaisesti kuoppaan. Tällöin oikean puolen rengas pyrkii ylöspäin, vaikka sen tulisi pyrkiä juuri päinvastaiseen suuntaan. Tämä ilmiö on pahempi, mitä jäykempi kallistuksenvakaaja on käytössä. Näin ollen kallistuksenvakaajilla pystytään pelaamaan hyvin paljon ajoneuvon yli- ja aliohjautuvuuden suhteen, mutta jälleen täytyy tehdä kompromisseja sen suhteen mihin alustan kokonaisratkaisuun halutaan pyrkiä. (Mauno 1991, 28–39.)

## 2.7 Pyöränkuormien muutokset

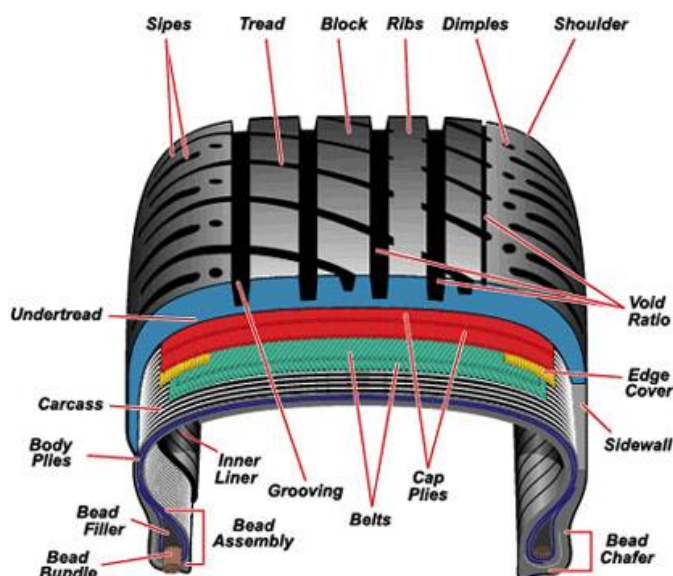
Kuten aiemmin on todettu, pyöränkuormat muuttuvat kaarreaajossa. Kaarreaajosta syntyy keskipakovoima, jonka ajatellaan keskittyvän painopisteen kohdalle. Keskipakovoima synnyttää momentin, joka pyrkii saattamaan ajoneuvoa ulkokaarteeseen päin. Ajoneuvon massasta johtuva voima vaikuttaa suoraan alaspäin. Keskipakovoima pyrkii kaatamaan ajoneuvon sen ulkopuolen renkaiden ympäri, kun ajoneuvon massa taas pyrkii painamaan molempien puolien renkaita maata kohti. Mikäli ajoneuvoon vaikuttava keskipakovoima on suurempi, kuin ajoneuvon painon aikaansaama momentti, auto kaatuu kyljelleen. Näin ei kuitenkaan käytännössä pääse kovin usein tapahtumaan, sillä renkaiden pito harvoin on riittävä, että näin pääsisi tapahtumaan. Tämän takia pyritään alustaratkaisulla pitämään huoli, että kuormat jakautuisivat tasaisesti kaikille neljälle pyörälle. (Mauno 1991, 39–41.)

Ajoneuvoissa esiintyy myös pyöränkuormien muutosta jarruttaessa ja kiihdyttäessä. Näitä ilmiöitä kutsutaan nyökkäykseksi ja niiaukseksi. Nämä ilmiöt ilmenevät ajoneuvon pitkittäissuuntaisina liikkeinä. Nyökkäyksessä etupää laskee jarruttaessa ja niiauksessa takapää laskee kiihdyttäessä. Näihin ilmiöihin ei voi vaikuttaa muilla kuin kokonaispainon alentamisella, painopisteen laskemisella tai jousia jäykistämällä. (Mauno 1991, 39–41.)



## 2.8 Renkaat

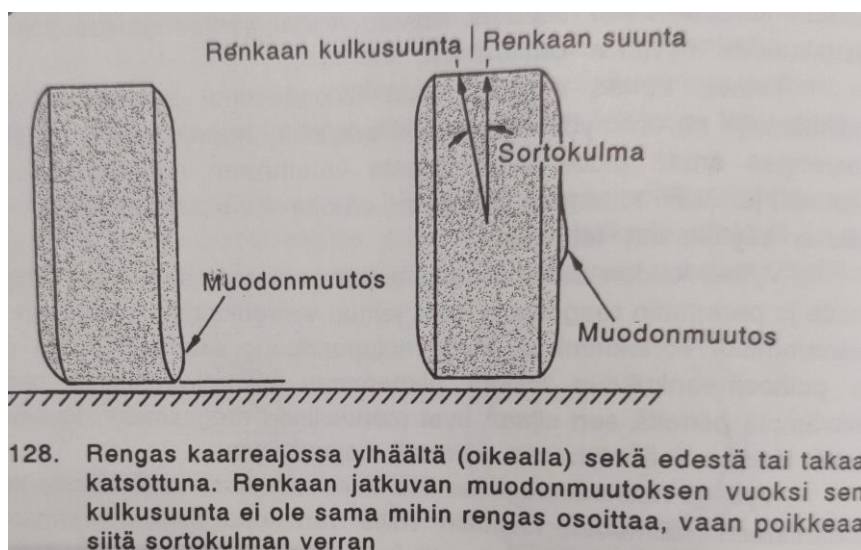
Renkaiden tehtäviin kuuluu alustan kannattelu, töyssyjen ja iskujen vaimennus jousien ja heilahduksenvaimentimien tukena, sekä tärkeimpänä ne välittävät voiman voimansiirrolta maanpintaa vasten. Tästä pidosta riippuvaisia ovat esimerkiksi ajoneuvon kiihtyvyys, hidastuvuus ja kaarrenopeudet. Näin ollen renkaat ovat ajoneuvon yksi tärkeimmistä osista. Renkaat ovat todellisuudessa hyvin monimutkaisia siihen nähden, kuinka yksinkertaisilta ne näyttävät. Renkaiden rakenne koostuu monista erilaisista komponenteista, kuten kuvasta 9 voidaan havaita. Renkaan sisällä olevien komponenttien määrä vaihtelee kymmenen ja kolmenkymmenen komponentin väliltä. Komponenttien määrään vaikuttaa se, mitä ominaisuuksia renkaalta halutaan. Keskitytäänkö renkaan pitoon, kestävyYTEEN, tekemään halpa rengas katukäyttöön tai tekemään esimerkiksi maastorenkaita. (Mauno 1991, 130–142; Hyvärinen ym. 2002, 115–117.)



KUVA 9. Renkaan rakenne ja halkaisukuva (The Humble Mechanic 2012)

Renkaan rakenne vaikuttaa suoraan sen ominaisuuksiin. Pinnan muoto, käytetty kumiseos, kumimäärä ja kaikki muut ominaisuudet vaikuttavat renkaan käytönkaksi ominaisuuksiin. Yksi renkaan ominaisuuksista on sen elastisuus, eli sen kyky muuttaa muotoa kuormituksen alaisena. Tämä muodonmuutos on jatkuvaa ajoneuvolla ajettaessa. Tämän muodonmuutoksen vuoksi rengas ei kulje sen osoittamaan kulkusuuntaan. Tästä päästään sortokulmaan. Sortokulma on renkaan osoittaman suunnan ja todellisen kulkusuunnan välinen kulma. Kuvassa 10

on tämä esitettyä. Tämä kulma johtuu renkaan kehittämästä sivuttaisvoimasta, joka vastustaa renkaan sivuluistoa. (Mauno 1991, 130–142; Hyvärinen ym. 2002, 115–117.)



KUVA 10. Renkaan sortokulma (Mauno 1991, 134)

Mitä kovempaa ajoneuvo kulkee tai mitä pienemmällä kääntöympyrällä sitä käännetään, sitä suurempi ajoneuvoa ulkokaarteeseen päin pakottava keskipakoisvoima ja renkaiden kehittämä sivuttaisvoima ovat. Renkaihin vaikuttavan voiman kasvaessa isommaksi, kuin renkaan liikettä vastustava voima, lähtee rengas sivuluisuun. Sivuluistossa ei renkaan liikettä vastustava voima katoa kokonaan. Tällöin se ei myöskään riipu enää renkaan muodonmuutoksesta, vaan renkaan ja tienpinnan välisestä kitkasta. Sortokulman suuruus, jonka ylittäminen johtaa sivuluisuun on kaikille renkaille eri suuruinen, riippuen täysin renkaan ominaisuuksista. (Mauno 1991, 130–142; Hyvärinen ym. 115–117.)

Kitkakerroin määrittää kuinka paljon jokin kappale vastustaa liikettä jotakin toista kappaletta vasten. Otetaan kuitenkin huomioon, että kitkasta puhuessa lepokitka ja liukukitka ovat eri suuruisia. Lepokitka kertoo, kuinka paljon voimaa tarvitaan, jotta saadaan kappale paikaltaan liikkeelle. Liukukitka taas on kitkakerroin kappaleen ollessa liikkeellä ja se on pienempi. Kitkakertoimella ilmoitetaan sivuttais-suuntaisen liikettä vastustavan voiman osuus pystysuuntaisesta voimasta. Renkaista puhuttaessa voidaan puhua myös muodonmuutoskitkasta. Muodonmuutoskitka syntyy renkaiden jatkuvasta muodonmuutoksesta rasituksen alla. Toisaalta kiinnostavaa ei ole, kuinka suuri osuus kitkalla on mistäkin voimasta, vaan

vaakasuoran voiman suhde rengasta alaspäin painavaan voimaan, eli toisin sanoen renkaan pitokykyyn. Fysiikan oppien mukaan kitkakerroin on korkeintaan 1. Mikäli otetaan huomioon vain vaakasuoran voiman suhde alaspäin painavaan voimaan, voidaan unohtaa oppikirjan mukainen kitkakertoimen raja-arvo. Tyypillinen katurenkaan kitkakerroin kuivalla asfaltilla on noin 0,7...0,8. Kilparenaalla kitkakerroin voi tällöin olla noin 1,2...1,3. Niin kutsutulla kiihdytysrenkaalla voidaan päästä yli kahden kitkakertoimen. Kitkan suuruuden riippuessa kitkakertoimen lisäksi ajoneuvoa alaspäin painavasta voimasta, on huomioitava, että suurilla nopeuksilla esimerkiksi formuloilla voi aerodynamiikan ansiosta alaspäin painava voima olla moninkertainen ajoneuvon omaan painoon verrattuna. Tällöin kitka voi olla katuautoa huomattavasti suurempi. Renkaan pitokyky paranee, mitä suurempi renkaan tienpintaan koskeva pinta-ala on. Näin ollen leveämmällä renkaalla kosketuspinta-ala kasvaa ja teoriassa saavutetaan suurempi kitka, mikäli vertailtavien renkaiden ominaisuudet ovat samankaltaisia keskenään. (Mauno 1991, 130–142; Hyvärinen ym. 2002, 115–117.)

Renkaan maksimaalinen pitokyky on vain yhteen suuntaan. Mikäli esimerkiksi kiihdyttäessä ollaan pitokyvyn rajoilla pitkittäissuunnassa, ei renkaalla ole myöskään juuri ollenkaan sivuttaispitoa. Nopeassa kaarrejaossa voidaan pito menettää, mikäli kaarretta ajetaan maksimaalisella sivuttaispidolla ja ajoneuvolla aloitetaan kiihdyttämään samanaikaisesti. (Mauno 1991, 130–142; Hyvärinen ym. 2002, 115–117.)

Renkaan koosta puhuttaessa voidaan puhua renkaan leveydestä, korkeudesta ja tuumakoosta. Tuumakoko määrittää, minkä kokoiselle vanteelle se voidaan asentaa. Leveys määrittää renkaan leveyden joko kokonaisuudessaan tai kuvion kohdalta, riippuen mitä standardia käytetään. Renkaan korkeus tai toisilla sanoin profiili on suhdeluku renkaan leveyteen, mitä ilmaistaan prosentteilla. Esimerkiksi 205/55R16 rengas on 205 leveä, josta profiili on 55 % leveydestä ja se voidaan asentaa 16 tuumaiselle vanteelle. R kirjain merkkää renkaan olevan vyörengas. Vyörenkaassa on tyypillisesti poikittain kulutuspinnaan nähden kulkevat kudokset, joiden päällä on useista kerroksista koostuva jäykkä vyö. Matalalla profiililla saadaan parempi nopeuskestävyys, pito ja ohjaustunto. Tällöin on myös pienempi todennäköisyys vesiliirtoon joutumisesta ja pienempi vierintävastus.

Matalaprofiilirenkailla on tosin suuri joustojäykkyys ja se ei jousta tien epäkohdissa yhtä mukavasti, kuin korkea profiilirengas. (Mauno 1991, 130–142; Hyvärinen ym. 2002, 115–117.)

Renkaan pitokykyyn vaikuttaa suuresti rengaspaineet. Jokaisella renkaalla on ominainen rengaspaine, jolla saavutetaan maksimaalinen pito. Tähän pitoon vaikuttaa myös aiemmin mainitut renkaan leveys, ja rakenne. Liian suurilla paineilla renkaan kuviosta vain keskiosa ottaa tienpintaa ja tiehen kiinni ottava pinta-ala pienenee. Liian pienillä paineilla rengas ottaa kuvion reunoilla tai renkaan kylkiosilla tienpintaa vasten ja tienpintaan ottava pinta-ala pienenee. Renkaiden paineilla on myös suuri merkitys renkaiden sortokulmaan. Sortokulmaa renkaiden paineiden avulla säätelemällä voidaan muuttaa ajoneuvon yli- tai aliohjautuvuutta. Tällöin tosin menetetään pitoa joko etu- tai takarenkailta. (Mauno 1991, 130–142; Hyvärinen ym. 2002, 115–117.)

## 2.9 Jarrut

Henkilöauton jarrujärjestelmän tarkoitus on mahdollistaa riittävän tehokas ajoneuvon pysäyttäminen, sekä varmistaa sen paikallaan pysyminen pysäköitynä. Jarruttamisella muutetaan ajoneuvon liike-energia jarruissa lämpöenergiaksi. Yleisimmät autoissa käytettävät jarrujärjestelmät ovat rumpujarrut ja levyjarrut. (Mauno 1991, 106–129.)

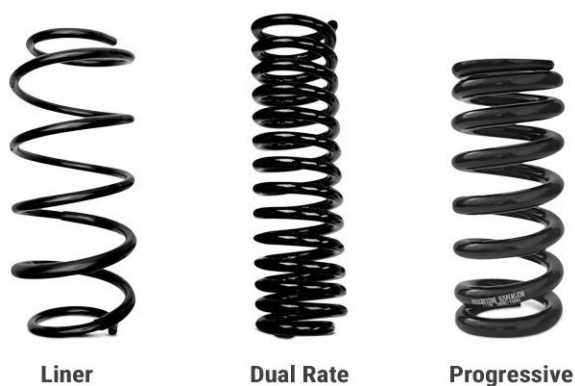
Rumpujarrut koostuvat pääosin jarrurummusta, jarrukengistä ja jarrukenkiä painavasta hydraulisyliinteristä. Rumpujarrua käytettäessä käsijarruna on hydraulisyliinterin tilalla yleensä mekaaninen vaijeri. Rumpujarrut ovat harvenemaan päin nykyautojen käytönaikaisina jarruina, mutta niitä käytetään edelleen usein käsijarruina. (Mauno 1991, 106–129.)

Tänä päivänä rumpujarrujen korvaajana toimivat levyjarrut. Tämän kaltainen jarrujärjestelmä on varsin yksinkertainen ja luotettava. Levyjarruilla saavutetaan parempi jarrutusteho, sekä levyjarruja käytettäessä jarrujen katoaminen on huomattavasti pienempää. Levyjarrujen ollessa nykyautoissa varsin tehokkaita, on niillä

tapana saada renkaat lukkoon jarruvoiman suuruuden ansiosta. Renkaiden ollessa lukossa on kitkakerroin paljon pienempi, jolloin jarrutusmatka pitenee huomattavasti. Tämän takia on kehitetty niin sanottu ABS-järjestelmä. Järjestelmän ideana on säädellä jarrunesteen painetta, jotta renkaat eivät jarrutuksen aikana lukkiutuisi. Tällä tavalla saadaan maksimoitua jarrutuksen aikainen renkaan ja tienpinnan välinen kitkakerroin ja minimoitua jarrutusmatka. ABS-järjestelmän ansiosta myös ajoneuvon ohjattavuus säilyy jarruttaessa, sillä renkaan pitoa ei menetetä samalla tavalla, kuin jarrujen lukkiutuessa. Järjestelmä seuraa ABS-anturien avulla renkaiden pyörintänopeuksia ja sen mukaan säätelee jarrupainetta. (Mauno 1991, 106–129.)

## 2.10 Jouset

Tyypillisimmät jousityypit ovat kierrejousi, lehtijousi ja vääntösauvajousitus. Tässä opinnäytetyössä keskitytään kierrejousiin ja lehtijousiin. Kaikista yleisin ja tyypillisin jousityyppi on kierrejousi. Kierrejousi on vielä tänä päivänä monessa eri autossa etujousituksessa käytössä macpherson tyypisessä jousituksessa. Jousen asentaminen heilahduksenvaimentimen ympärille säästää hyvin paljon tilaa, sillä moottorin sijaitessa useimmiten ajoneuvon keulalla, ei siellä ole isoille alustaratkaisuille ylimääräistä tilaa. Kierrejouselle on tyypillistä, että niitä voidaan valmistaa erityyppisillä jousijäykkyyksillä. Jousijäykkyydestä kertoo jousivakio. Näiden jousityyppien esimerkit voi nähdä kuvasta 11. (Niemi & Nieminen 1990, 115–129; Mauno 1991, 50–68.)



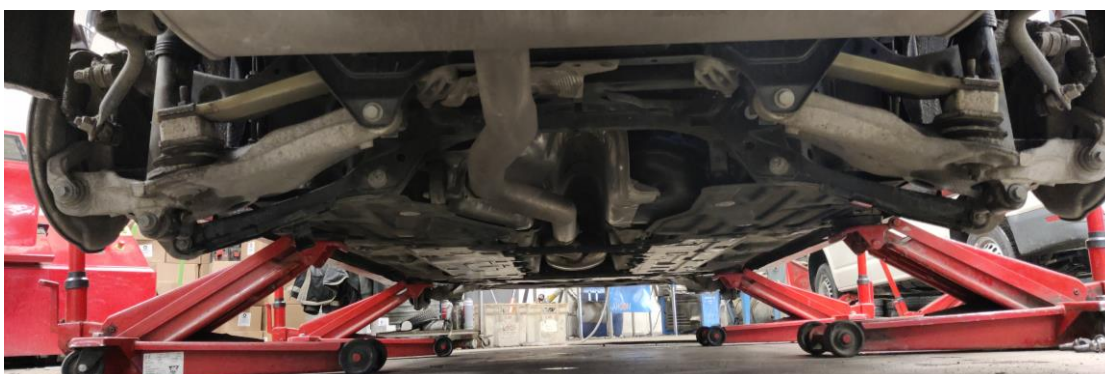
KUVA 11. Erilaiset kierrejousityypit (Zahl 2015)

Esimerkiksi kierrejousia valmistetaan sekä lineaarisella, että progressiivisella jousivakiolla. Lehtijouset ovat olleet pitkään käytössä ajoneuvoissa ja niitä näkee edelleen käytettävän. Esimerkiksi raskaammissa hyötyajoneuvoissa ne ovat edelleen käytössä. Lehtijousi on ominaisesti progressiivinen jousi. Yleisimmin lehtijouset ovat asetettu pitkittäin ajoneuvon suuntaisesti, kuten kuvasta 12 voidaan havainnoida. (Niemi & Nieminen 1990, 115–129; Mauno 1991, 50–68.)



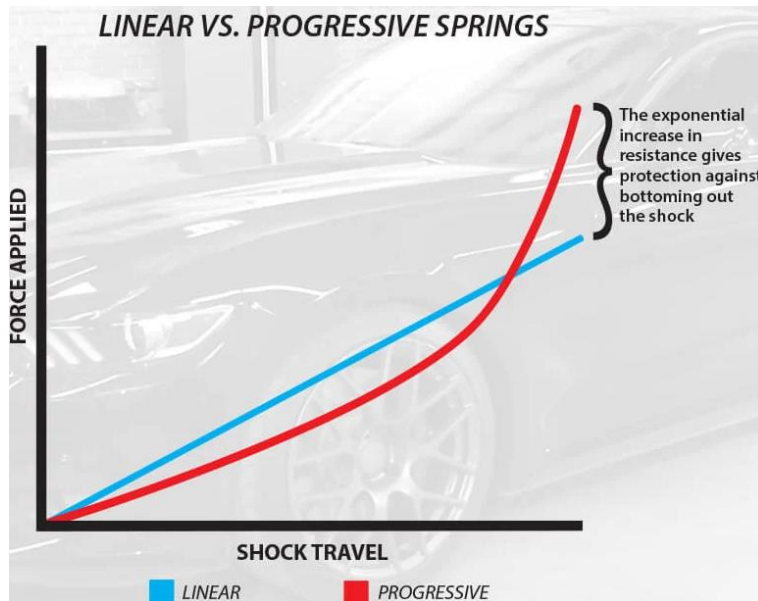
KUVA 12. Pitkittäinen lehtijousi (Superior Glass Works n.d.)

Joissain harvoissa tapauksissa lehtijousia on asennettu myös poikittain. Kuvassa 13 on tästä hyvä esimerkki. Näin on tehty esimerkiksi Chevrolet Corvetessa jo 60-luvulta lähtien (Pasterjak 2019). Volvoissa poikittaista lehtijousta on käytetty useissa eri malleissa, joista ensimmäisenä jo vuonna 1995 (Volvo Parts Webstore, N.d.). Tähän ratkaisuun on päädytty tilan ja painonsäästämisen vuoksi. Volvo on säästänyt 4.5 kiloa asentamalla poikittaisen lehtijousen uuteen XC90 malliin perinteisen kierrejousen sijaan. Tämän lisäksi tavaratilaan on saatu lisää tilaa, sillä kierrejousille tarkoitettuja jousien ylälautasia ei tarvita. (Plastics today 2014)



KUVA 13. Volvo XC60 poikittainen lehtijousi

Jousia on saatavilla monilla eri jäykkyyksillä. Jousivakio voi olla, lineaarinen tai progressiivinen. Kuvasta 14 nähdään, kuinka lineaarinen ja progressiivinen jousi eroavat toisistaan jousivakion suhteen. Lineaarisen jousen jousivakio on sama koko joustomatkalta. Progressiivinen jousi sen sijaan vaatii pidemmällä joustomatkalla enemmän voimaa lineaariseen verrattuna, että se joustaisi saman matkan. Eli progressiivisella jousella jousivakio muuttuu jousen kasaan painuessa. (Niemi & Nieminen 1990, 115–129; Mauno 1991, 50–68.)



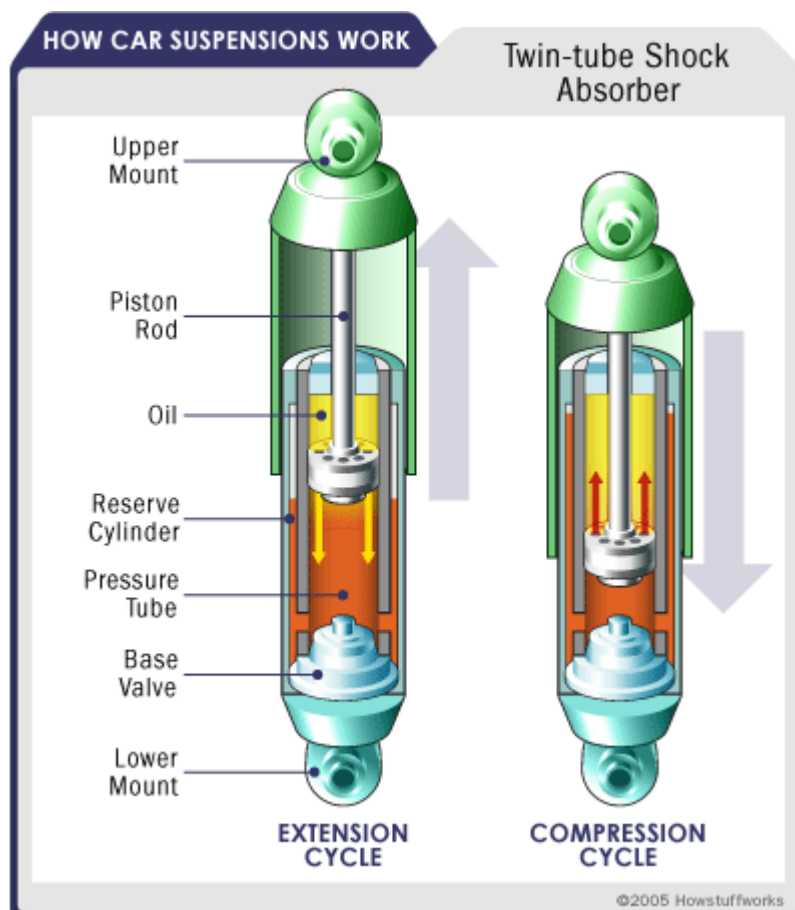
KUVA 14. lineaarinen ja progressiivinen jousivakio (Cj Pony Parts 2021)

Kierrejousille on tyypillistä, että niitä valmistaessa voidaan määrittää, tehdäänkö lineaarinen vai progressiivinen jousi. Lehtijousta tehdessä siihen voidaan vaikuttaa jonkin verran, esimerkiksi pakkaamalla jousia päällekkäin, jousien pituuksilla ja paksuuksilla. Lehtijousia on mahdollista valmistaa joko lineaarisina tai progressiivisina. (Niemi & Nieminen 1990, 115–129; Mauno 1991, 50–68.)

## 2.11 Heilahduksenvaimentimet

Mikäli autossa olisi pelkästään jouset, eikä heilahduksenvaimentimia, jäisi auton kori heilahtelemaan ominaistaajuudellaan, kunnes pyöräntuennan ja jousen sisäinen kitka sen viimein lopettaisi. Heilahduksenvaimentimien tehtävä on vaimentaa tämä heilahteluliike muuttamalla jouseen varastoitunut kineettinen energia lämpöenergiaksi. Eli heilahduksenvaimentimet vaimentavat jousen jouston

jälkeisen liikkeen, jotta nämä eivät jää heilumaan itsekseen. Tämä heilahduksen-  
vaimennus toteutuu nestettä kasaan puristamalla. Heilahduksenvaimentimen si-  
sällä on mäntä, joka liikkuu korin liikkeiden mukaan ja pyrkii pysäyttämään ne  
töyssyjen jälkeen. Kuvassa 15 nähdään, kuinka kaksiputkinen vaimennin käytän-  
nössä toimii. Mäntä puristaa vaimentimen sisällä olevaa öljyä isosta kammiosta  
pienempään ja öljynpaine nousee, jolloin se vastustaa männän liikettä. Liikkeen  
lakattua neste puristaa männän takaisin ylös, jolloin öljynpaine laskee normaalille  
tasolle. Öljyn liike kulkee pienien venttiilien lävitse, joiden kokoa muuttamalla voi-  
daan muuttaa heilahduksenvaimentimen ominaisuuksia. Venttiilien koko vaikut-  
taa virtausvastukseen ja sitä kautta vaimennusvoimaan. Virtauspinta-alan pie-  
nentyessä, vaimennusvoiman määrä kasvaa. Putkissa on oltava sopivassa suh-  
teessa öljyä ja ilmaa, sillä liian suuri öljymäärä työntäisi männänvarren tiivisteen  
ulos. Tämä johtuu siitä, ettei öljy ole kokoonpuristuvaa. (Mauno 1991, 69–76.)

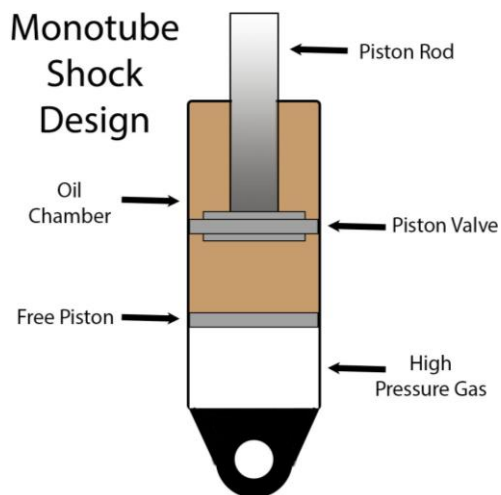


KUVA 15. Kaksiputkisen heilahduksenvaimentimen toiminta (Harris 2021)



Kaksiputkisessa järjestelmässä on myös ongelmia. Nopeissa alustan liikkeissä ilma ja öljy sekoittuvat ja alkavat vaahtoamaan. Tämä aiheuttaa heilahduksen-  
vaimentimen tehon alentumisen. Tänä päivänä vaimentimissa käytetään ilman sijasta kaasua. Kaasu ei sekoitu samanlailla öljyn kanssa, eikä öljy ala vaahtoamaan. Tällöin vaimennin myös jäähtyy nopeammin. (Mauno 1991, 69–76.)

Kaksiputkivaimentimien lisäksi on olemassa yksiputkisia vaimentimia. Yksiputkissa vaimentimessa on yksi putki, jossa mäntä, kaasu ja öljy sijaitsevat. Tällaisissa heilahduksen-  
vaimentimissa vaimennusvoima on molempiin suuntiin riippuvainen virtausventtiilien ja virtausaukkojen mitoituksesta. Tällaisissa vaimentimissa on periaatteessa kaasujousi. Kuvasta 16 voidaan havaita, että männän puristaessa öljyä alaspäin, myös kaasun erottava mäntä painuu alaspäin ja toimii tällöin jousen tavoin. Kaasu ja öljy eivät sekoitu missään vaiheessa, vaan ne pidetään tiivistettyinä erillään. (Mauno 1991, 69–76.)



KUVA 16. Yksiputkinen heilahduksen-  
vaimennin (Summit Racing Equipment 2019)

Kaksiputkisilla ja yksiputkisilla vaimentimilla ei tänä päivänä ole järin suurta eroa. Kilpa-autoilussa voidaan todeta, että yksiputkivaimentimilla on suurilla joustoliikkeillä etua. Rata-autoilussa pidetään pääosin kaksiputkivaimentimia, sillä niiden sisään- ja ulosjousto voidaan säätää, mikäli säätömahdollisuudella olevat heilahduksen-  
vaimentimet asennetaan. Heilahduksen-  
vaimentimen vaimennusvoiman valinta on hyvä tehdä suhteessa ajoneuvon jousijäykkyyksiin. Ajettavuuden kannalta on hyvä tehdä tasapainoinen yhdistelmä jousilla ja heilahduksen-

vaimentimilla. Liian jäykkä jousi suhteessa vaimentimeen saa aikaan korin pomp-pimista, keinumista ja pidon vähenemistä. Liian jäykät iskunvaimentimet suhteissa jousiin taas pitää rengasta liian kauan ylhäällä, jolloin on riski, että rengas nousee tienpinnasta ja kohdataan pidon menetys. (Mauno 1991, 69–76.)

## 2.12 Voimansiirto

Voimansiirron idea on välittää moottorilla tuotettu voima mahdollisimman tehokkaasti vetäville pyörille, ajoneuvon liikuttamiseksi. Takavetoisessa ajoneuvossa voima välittyy moottorilta, vaihdelaatikon kautta kardaanille, josta voima jakautuu tasauspyörästön kautta vetoakselien avulla renkailla. Kardaenin pyörivä liike on eri suuntaan, kuin mihin päin renkaiden haluttaisiin pyörivän. Tämän takia tarvitaan tasauspyörästöä. Tasauspyörästössä on käytännössä kulmavaihde, joka muuttaa pyörivän liikkeen oikeansuuntaiseksi. Tasauspyörästön toinen tehtävä on sallia eri puolien vetävien pyörien pyörimisen erisuurilla nopeuksilla. Esimerkiksi kaarreajossa sisempi pyörä kulkee paljon lyhemmän matkan ulompaan pyörään verrattuna. Näin ollen tasauspyörästö on pakollinen ajoneuvossa, mikäli sillä halutaan ajaa. Pienikin ero renkaiden paineissa, kulutuspinnan eroissa, rengas-koossa, tienpinnassa tai monissa muissa muuttujissa riittää tekemään pyörimisnopeuseron samalla akselilla olevien renkaiden välillä. Tasauspyörästö tuo omat ongelmansa, kun kohdataan tilanne, jossa toinen renkaista kohtaa pidon menettämisen. Tällöin kaikki voima välittyy huonopitoiselle renkaalle, eikä juuri ollenkaan maassa toiselle renkaalle. Tämän ongelman korjaamiseksi on olemassa tasauspyörästön luistonrajoitin. Luistonrajoittimia on useita erilaisia ja niistä yleisin on toteutettu kytkinlevyjä hyödyntäen. Tasauspyörästön luistonrajoittimen kytke-miseenkin on useita erilaisia ratkaisuja ja ne vaihtelevat hyvin paljon. Tällaisille luistonrajoittimille on ominaista kertoa luistosta prosenttilukuna. Esimerkiksi 50 prosenttisessa luistonrajoittimessa toinen pyörä pyörii aina vähintään puolella toisen nopeudesta. Tällöin molemmat renkaat voivat välittää voimaa tiehen, vaikka toinen pyörä olisikin kitkattomalla pinnalla. Silti se mahdollistaa kääntymisen ilman, että toinen pyöristä vastustaisi liikettä, kun luistonrajoitin ei pyri täysin lukitsemaan renkaiden pyörintänopeutta samansuuruisiksi. (Mauno 1991, 88–105.)

Hieman aihetta rajaten keskitytään vain yhdenmalliseen luistonrajoittimeen. Oteetaan esimerkiksi Eaton G80 luistonrajoitin. Tässä kyseisessä tasauspyörästä luistonrajoittimessa luistonrajoitin kytkeytyy keskipakovoiman avulla ja ainoastaan pienillä nopeuksilla. Lukittuminen ei ole mahdollista noin 50 km/h nopeuden jälkeen, sillä keskipakovoiman ansiosta kytkettävä osa muuttaa paikkaansa, eikä kytkentäosa kosketa siihen. Mikäli ajetaan alle 50 kilometriä tunnissa ja luistonrajoittimen kytkemiseen tarvittavat olosuhteet kohtaavat, voi kytkentäosa kytkeytyä normaalisti ja se kytkiessään liikuttaa ratasta, joka painaa kytkinlevyjä yhteen kytkien luistonrajoittimen toimintaan. (Overton 2009)

Voimansiirron peruseriaatteiden läpikäynnin jälkeen otetaan kaikkien edellä mainittujen komponenttien välityssuhteet ja renkaiden ulkohalkaisija, jotta saadaan laskea ajoneuvon kokonaisvälityssuhde. Kokonaisvälityssuhde koostuu vaihdelaatikon suurimman vaihteen välityksestä, renkaan halkaisijasta, vetopyörästä välityssuhteesta ja ajoneuvon käyntinopeudesta. Kokonaisvälityssuhteella voidaan laskea esimerkiksi ajoneuvon nopeus tietyllä moottorin käyntinopeudella. Tällä välityssuhteella on merkitystä ajoneuvon nopeuteen, mäennousu kykyyn, matkustamon meluun, polttoaineen kulutukseen, ajoneuvon yleiseen käyttömukavuuteen, sekä huippunopeuteen. Renkaan halkaisijan muuttuessa on sillä merkitystä nopeusmittarin näyttämään lukemaan. Mikäli halkaisija muuttuu huomattavasti, voidaan nopeusmittarin lukemassa nähdä selkeää muuttumista. Nopeusmittarin heiton suunta riippuu mihin suuntaan ajoneuvon alkuperäistä rengashalkaisijaa muutetaan. Isommalla halkaisijalla olevat renkaat saavat mittarin näyttämään todellisuudessa vähemmän, kuin todellinen nopeus on. (Mauno 1991, 88–105.)

### 3 KÄYTÄNNÖN TOTEUTUS

Tässä kappaleessa tutustutaan siihen, mitä käytännössä tarvitsee tehdä, jotta akseliston vaihto onnistuu. Tämän lisäksi selvitetään, millaisia taustatöitä tehtiin ja mitä ongelmia kohdattiin muutosta tehdessä.

#### 3.1 Taustatyö

Taustatöillä tarkoitetaan työn taustalla tapahtuneita selvitystöitä asennuksen suhteen ja miten kaikki tarvittavat osat saadaan sovitettua ajoneuvoon ja siihen liittyviin järjestelmiin. Varsinainen taka-akselin sovitus aloitettiin jo ennen kuin oli tiedossa, että tästä tullaan tekemään opinnäytetyö. Tämän takia alkuvaiheilta ei ole kuvamateriaalia. Taustatöihin otetaan myös huomioon osien hankkiminen. Tarvittavat osat löytyivät käytettyinä yksityisiltä henkilöiltä löytyvistä purkuajoneuvoista.

Työhön lähdettiin ilman minkäänlaista tietämystä siitä, onko tätä työtä mahdollista toteuttaa. Aloittaessa ei ollut tietoa löytyykö Volvo 740 -mallisarjasta mitään kiinnityspisteitä, jotka tarvitaan multilink-akseliston kiinnittämistä varten. Kuultujen huhujen ja rankkojen oletusten perusteella tämän korimallin ajoneuvoissa saataisi olla multilink-akselistolle kiinnityskohdat valmiina. Tästä ei löytynyt minkäänlaista varmennettua tietoa, joten asia täytyi tutkia itse. Usean vastaavan ajoneuvon korin tutkimisen tuloksena ei saatu selkeää kuvaa millä logiikalla kiinnityspisteitä on asennettu jäykän taka-akselin omaaviin koreihin. Tässä työssä käytettyä koria tutkiessa kuitenkin paljastui, että tässä on jo tehtaalta lähtiessä ollut kiinnityskohdat kyseiselle akselistolle. Osa kiinnikkeistä on samoja, kuin mitä käytetään jäykän akseliston kiinnityksessä.

#### 3.2 Taka-akseli

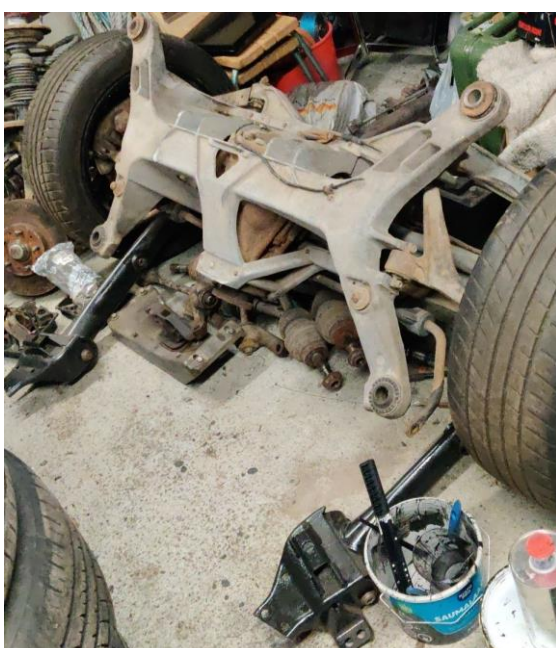
Pitkittäistukivarsien etummaisat kiinnikkeet ovat samat molemmissa akselitoissa. Jäykkä taka-akseli tulee koriin yhteensä 6 pultilla, eli 3 pultilla per puoli

pitkittäistukivarsien etupuolelta kiinni. Pitkittäistukivarsien lisäksi pitkittäissuunnassa on vielä yksi tuentarakenne, joka on kumipuslan välityksellä kiinni korissa, kuten kuvasta 17 voidaan havaita. Kuvassa on Volvo 940, mutta akselisto ja sen kiinnityspisteet ovat siinä täsmälleen samat. Jäykkään taka-akselirakenteeseen kuuluu myös panhard-tanko, jonka tarkoitus on keskittää akseliston asento koriin nähden keskelle ajoneuvoa. Tätä ei uudessa akselistossa tarvita, eikä sitä voida hyödyntää akselistorakenteiden eroavaisuuksien johdosta.



KUVA 17. Volvo 940 alusta (Danawa DPG 2015)

Kuvassa 18 on havainnollistettu akseliston kehdon kiinnityspisteet, sekä kuskin puolen pitkittäistukivarren korikiinnityspisteet. Kehdossa on asennettuna perä, vetoakselit, kallistuksenvakaaja ja tukivarret.



KUVA 18. Multilink-akselisto irrallaan

Kiinnityskohtien kohtalon selvittyä alkoi itse akseliston asennus. Akseliston mukana ostettiin kaikki tarvittavat kiinnikkeet, joten itse akseliston asennus on hyvin yksinkertainen projekti, kun kaikki tarvittava taustatieto saatiin kerättyä. Asennus aloitettiin kiinnittämällä akseliston keskimmäiset kiinnikkeet koriin. Tämä on esitettyä kuvassa 19. Näitä kiinnikkeitä ei tarvita jäykän taka-akselin asennukseen. Tästä syystä ennen projektin aloitusta ei tiedetty löytyykö näille kiinnikkeille kiinnityskohtia korista valmiina. Kuvassa 19 kiinnikkeen yläpuolella näkyvään reikään kuuluisi tulla jäykän taka-akselin josta varten jousen ylälautanen. Tällä ei poikittaisen lehtijousen kanssa ole enää hyötyä, joten se on poistettu ajoneuvosta. Kuvassa 19 näkyy myös heilahduksenvaimennin asennettuna.



KUVA 19. Akseliston korikiinnike ja heilahduksenvaimennin

Seuraavaksi asennettiin pitkittäistukivarret. Tukivarret kiinnittyivät etummaisista kiinnikepisteistä kolmen pultin osalta täsmälleen samoihin kiinnikkeisiin, kuin ajoneuvon alkuperäinen akselisto. Näiden pulttien lisäksi tukivarsi tuli neljännellä pultilla kiinni, jota ei käytetä jäykän taka-akselin kiinnitykseen. Tämä pultti sijaitsee helmapiellin alapuolella. Kuvassa 20 voidaan nähdä työn edistyminen pitkittäistukivarsien ollessa paikallaan. Kuvassa 20 iskunvaimentimen läheisyydessä näkyvä kierrejousen ylälautanen ei tule ajoneuvossa käyttöön, mutta sen olemassaolo jättää mahdollisuuden toisenlaisien jousien käytölle, mikäli jouselle rakennetaan alatuki.



KUVA 20. Pitkittäistukivarsi asennettuna

Ensimmäistä kertaa akselia asennettaessa asennusjärjestys on ollut eri, kuin missä järjestyksessä ne olisi kannattanut asentaa. Järkevin järjestys on asentaa itse akselikehto ensin ja sen jälkeen asentaa pitkittäistukivarret. Pitkittäisvarsien asennuksen jälkeen olisi järkevää asentaa heilahduksenvaimentimet paikoilleen. Tämä opittiin työtä tehdessä. Kuvassa 21 akselisto on paikallaan asennettuna. Kuvaa ottaessa ei jarruletkut, jarruputket tai bensatankki olleet paikallaan. Jarruputkien tai jarruletkujen asennuksesta ei sen enempää materiaalia ole, eikä niitä sen enempää esitellä työn aikana. Jarruputket todettiin aikaisemmin olevan samat akselistosta riippumatta ja ainut ero on jarruletkut. Jarruletkujen ero on lähinnä pituudessa, joten niiden esittely ei ole merkittävää tämän työn kannalta.



KUVA 21. Taka-akselisto asennettuna

### 3.3 Jarrut/käsijarru

Jarrujen osalta akselistoon tuli jonkin verran muutoksia. Jarrusatulat, levyt, kannatinraudat, sekä palat vaihtuivat toisenlaisiksi. Jarruputket ovat osanumeroita verratessa täsmälleen samat sekä Volvo 740:ssä, että Volvo 960:ssä, mikäli molemmat ovat ABS-jarruilla varustettuja. Jarruletkut täytyy uusida, sillä ne ovat erilaiset. Molemmat sekä uudet, että vanhat jarrulevyt ovat jäähdyttämättömät. Vanhat jarrulevyt ovat 281 mm halkaisijaltaan, kun uudet ovat 265 mm. Tilanne on epätavallinen, sillä uudet levyt ovat peräisin tehokkaammasta autosta, vaikka niiden halkaisija onkin 16 mm pienempi.

Kohdeajoneuvo ei ole alun perin ABS-jarruilla, joten jarruputket joudutaan ottamaan ABS-jarrullisesta, sillä ne aiotaan lisätä tähän ajoneuvoon. Alun perin Volvo 960 -mallissa on ABS-jarrut, kun kohdeautossa ei tehtaalta lähtiessä ollut. Kuitenkin Volvo 740 -mallia on saanut tehtaalta ABS-jarruilla. ABS-anturit sijaitsevat näissä ajoneuvoissa ainoastaan etunavoissa. Takapyörien nopeus luetaan perästä ja sitä käytetään pääosin nopeusmittarille, mutta se voidaan lukea ja muuttaa ABS-yksikölle sopivaksi dataksi. Perästä löytyvä nopeusanturi on osanumerovertailun perusteella sama.

Käsijarrun suhteen alkuperäistä jää käsijarrukahva. Siitä eteenpäin kaikki vaijerit on uusittava. Käsijarrukenkiä liikuttava mekanismi on samanlainen ja vaijeri kiinnittyi siihen samalla tavalla. Käsijarrukengät jouduttiin uusimaan erilaisiin jarrulevyihin siirtymisen johdosta.

### 3.4 Jouset ja heilahduksenvaimentimet

Volvo 740:stä perinteisesti löytyvien kierrejousien sijaan uudesta akselistosta löytyy poikittainen lehtijousi. Jousien kiinnikkeet sijaitsevat akselistossa itsessään, eivätkä kiinnity koriiin millään tavalla. Tämä on nähtävissä osittain kuvassa 22. Näin ollen jousien suhteen ei asentaessa ollut ongelmia. Heilahduksenvaimentimet kiinnittyvät koriiin täsmälleen samoihin paikkoihin kuin alkuperäiset. Akselistossa on itsessään heilahduksenvaimentimien alakiinnikkeille omat kiinnityskohdansa.





KUVA 22. Poikittainen lehtijousi

### 3.5 Polttoainetankki

Akselistorakenteen ollessa täysin erilainen, on sillä myös vaikutuksensa polttoainetankkiin. Jäykällä akselilla varustetussa ajoneuvossa polttoainetankki on huomattavasti pienempi kuten kuvasta 23 käy ilmi. Multilink-akseliston kanssa yhteensopiva polttoainetankki vaatii omat kiinnikkeensä, jotka tosin tulevat samoihin kiinnityspisteisiin, joihin alkuperäisen polttoainetankin kiinnikkeet kiinnittyvät korissa. Suurin syy miksi tämä tankki on erilainen, johtuu sen muotoilusta. Muotoilua on jouduttu muokkaamaan, jotta polttoainetankki ei tule akseliston tielle tai ota siihen kiinni. Tämän tilan ahtauden näkee myös kuvasta 23 näkyvästä kardaanille tarkoitetusta reiästä. Ajoneuvon toisella puolella on hyvin tilaa uudelle tankille, joten luonnollisesti Volvolla on päädytty tähän ratkaisuun syystä.



KUVA 23. Polttoainetankkien erot (Turbobricks 2017)

Tankin erilaisen muodon takia myös alkuperäinen polttoainetankin sisäinen tankkilaite ei mahdu uuteen polttoainetankkiin. Volvo 960 tarkoitettu tankkilaite on taas erilainen polttoainetasoanturiltaan ja muotoilultaan. Kummankin tankkilaitteen anturin mittausalue on 0...280ohm. Vanhemmassa mallissa anturi mittaa tankin ollessa tyhjä 0 ohmia, kun taas uudella tankkilaitteella anturin toiminta on päinvastainen ja se näyttää tyhjänä 280 ohmia. Tämän takia vanhasta tankkilaitteesta täytyi purkaa anturi ja liittää tämä uuteen tankkilaitteeseen, jotta saatiin polttoainemittari näyttämään oikein. Tankkianturin erojen lisäksi eroja on myös polttoainetankilta täyttöputkelle menevissä kumiputkissa.

Tankkilaite on hieman eri kohdassa uudessa tankissa ajoneuvossa ollessaan, joten uudet täyttöputkelle menevät kumiputket ovat tästä johtuen hieman pidemmät. Polttoainelinjat ovat osanumerovierailun perusteella erilaiset. Ajoneuvoon suoritettavan tekniikan vaihdoksen johdosta polttoainelinjat tullaan uusimaan joka tapauksessa, joten se ei varsinaisesti ole ongelma. Näin ollen polttoainetankin muutos ei johtanut ylitsepääsemättömiin ongelmiin.

### **3.6 Voimansiirto**

Voimansiirron suhteen eroja tulee luonnollisesti taka-akseliston suhteen. Alkuperäinen kardaani sopii tähän akselistoon suoraan, mikäli muita muutoksia ajoneuvoon ei tehdä. Tässä kyseisessä ajoneuvossa kuitenkin myös vaihdelaatikko tulee vaihtumaan moottorin vaihtumisen johdosta, joten sitä varten täytyi hankkia sopiva kardaani ja vaihdelaatikko. Nämä hankittiin sattumoisin Volvo 960 -mallista, kuten itse akselistokin. Vaihdelaatikko on hieman erimittainen verrattuna ajoneuvon alkuperäiseen ja tästä syystä tarvittiin erimittainen kardaani. Vaihdelaatikolle on omanlaisensa tukipalkki ajoneuvon pohjaan. Tämä kiinnittyy samoihin kiinnitysreikiin, kuin alkuperäinen vaihdelaatikko. Kardaanin tukilaakeri kiinnittyy myös samoihin reikiin alkuperäisen kardaanin tukilaakerin kanssa.

Välityssuhde uudessa tasauspyörästössä on 3,73. Tämä on täsmälleen sama kuin ajoneuvon alkuperäinen perävälitys. Uudessa tasauspyörästössä on tasaus-

pyörästön luistonrajoitin toisin kuin ajoneuvon alkuperäisessä perässä. Auton alkuperäinen vaihdelaatikko on Volvon M46 vaihdelaatikko. Uusi vaihdelaatikko on Getragin Volvolle valmistama M90. Vaihdelaatikon välityksissä on eroa, mutta ero ei ole huomattava. Taulukosta 1 huomataan, kuinka pieni ero välityssuhteilla on. Näillä vaihdelaatikoilla on lähes jokaisella vaihteella eri välityssuhde, mutta huomattavin ero on ensimmäisen ja toisen vaihteen suhteen.

TAULUKKO 1. Vaihdelaatikoiden välityssuhde-erot (Hyde 2009, muokattu)

Volvo M46 + O/D	Volvo M47	Volvo M90
1st - 3.71:1 or 4.03:1	1st - 4.03:1	1st - 3.54:1
2nd - 2.16:1	2nd - 2.16:1	2nd - 2.05:1
3rd - 1.37:1	3rd - 1.37:1	3rd - 1.38:1
4th - 1:00:1	4th - 1.00:1	4th - 1.00:1
Overdrive - 0.79:1	5th - 0.80:1	5th - 0.81:1

## 4 TIELIIKENNELAILLISUUS

Tässä osuudessa selvitetään lainvaatimukset, joiden tulee täytyä, jotta ajoneuvo voidaan muutosten jälkeen muutoskatsastuksella varmistaa tieliikennekel-poiseksi. Tässä kohdassa käydään läpi asioita, jotka löytyvät Auton ja sen perävaunun rakenteen muuttamiseen liittyvästä laista.

### 4.1 Taka-akseli

Taka-akselia ja sen korikiinnityksiä koskevat pykälät määrittävät sen osalta tieliikenne-laillisuuden. Alla mainitun listan kohdat on täytyttävä, jotta muutos katsotaan lailliseksi. (Auton ja sen perävaunun rakenteen muuttaminen, TRAFICOM/194495/03.04.03.00/2019)

Akseliston tai akseliston osien vaihtaminen on sallittua samaan mallisukupolveen kuuluvan ajoneuvon akselistoon, mallisukupolveen kuuluvaan ajoneuvoon tarkoitettuun akselistoon ja akseliston osiin tai akseliston perustyyppiltään vastaaviin ajoneuvoihin tarkoitettuihin akseleihin tai akselistorakenteen muutososiin, jos:

1) ajoneuvon vaihdettava akselisto, akseliston osat tai akselistorakenteen muutososat on tarkoitettu akselimassaltaan tai valmistajan sallimalta akselimassaltaan sekä teholtaan vähintään muutoksen kohteena olevaa ajoneuvoa vastaavaan ajoneuvoon;

2) ajoneuvon vaihdettavien tai lisättävien akseliston osien tai akselistorakenteen muutososien tulee kiinnikkeitä lukuun ottamatta olla tehdasvalmisteisia

ja soveltuvia muutoksen kohteena olevassa ajoneuvossa yleisessä tieliikenteessä käytettäväksi; asiasta on esitettävä yhtäläisyys selvitys muutoskatsastuksessa;

3) raideleveys muuttuu enintään 100 mm;

4) mahdollisesti tarvittavat uudet tukivarsien tai jousien kiinnikkeet tai akselisto

kokonaisuutena kiinnitetään ajoneuvon runkopalkkeihin tai muihin riittävän

lujuuden omaaviin rakenteisiin (Auton ja sen perävaunun rakenteen muuttaminen, TRAFICOM/194495/03.04.03.00/2019)

Akselisto on kiinnikkeineen, rakenteineen ja muutososineen täysin tehdasvalmisteinen, eikä kotitekoisia kiinnikkeiden käytölle ole tarvetta tässä ajoneuvossa. Ajoneuvon akselimassa ja teho ovat suuremmat, kuin kohdeajoneuvon tehot. Raideleveyden muutos taka-akselilla muuttuu noin 60 mm (Autodata n.d.) verran

ja pysyy sallitun enintään 100 mm muutoksen sisällä. Akseliston kiinnittämiseen tarvittava kiinnityspiste on kokonaisuutena kiinnitetty ajoneuvon koriin. Näin ollen taka-akselin suhteen lain vaatimukset täyttyvät. (Auton ja sen perävaunun rakenteen muuttaminen, TRAFICOM/194495/03.04.03.00/2019)

## 4.2 Jarrut

Ajoneuvon asennetut uudet jarrut vastaavat akselimassaltaan ja teholtaan isomman ajoneuvon jarruja. Ajoneuvon alkuperäinen tieliikenteessä suurin sallittu akselimassa on 920 kg, kun uuden akseliston edellisessä ajoneuvossa ollessa arvo on ollut 1050 kg. Ajoneuvon alkuperäinen teho on 118 kW, kun uusi taka-akseli itsessään on 125kW tehon omaavasta ajoneuvosta purettu. (Traficom 2021, Ajoneuvotiedot ja veron maksu.) Jarruputkissa ei ole eroja, kuten aiemmin todettiin, mutta jarruletkut ovat toisenlaiset. Jarrusatulat kiinnittyvät suoraan alkuperäisesti olka-akseliin ruuviliitoksella ja lain vaatimus täyttyy niiden osalta. Alkuperäinen jarrupääsylinteri vaihdetaan ABS-jarrullisesta peräisin olevaan, jolloin tämä vastaa lain vaatimusta. Uusi jarrupääsylinteri kiinnittyy samoihin kiinnikkeisiin alkuperäisen kanssa alkuperäisen tavoin. Ajoneuvossa käsijarru säilyy mekaanisena, eikä sen toiminta muutu. Käsijarruvaijeri muuttuu, mutta se ei vaikuta lainsilmässä katsastukseen. (Auton ja sen perävaunun rakenteen muuttaminen, TRAFICOM/194495/03.04.03.00/2019)

Ajoneuvon nestetoimiset jarrut saa vaihtaa, jos:

- 1) jarrut ovat alkuperäisiä tehokkaammat ja peräisin ajoneuvosta tai tarkoitettu ajoneuvon, jonka akselimassa tai valmistajan sallima akselimassa ja moottoriteho vastaavat vähintään muutettavaa ajoneuvoa;
- 2) jarrusatula tai -kilpi on kiinnitetty ruuviliitoksella suoraan tai soviteosaa käyttäen olka-akseliin tai vastaavaan taikka taka-akselistoon; omavalmisteisten soviteosien lujuudesta on esitettävä katsastajalle lujuuslaskelma;
- 3) jarrupääsylinteri on toiminnalliselta mitoitukseltaan jarrujärjestelmään sopiva; tarvittaessa on käytettävä tehostusta;
- 4) jarrupolkimen ja jarrupääsylinterin kiinnityksien on oltava vähintään alkuperäistä vastaavat;
- 5) jarruvoiman jakaantuminen akselien välillä ei muutoksen seurauksena muutu alkuperäistä huonommaksi; jarruvoiman oikean jakautumisen aikaansaamiseksi jarrujärjestelmästä saa poistaa tai siihen saa asentaa akselistokohtaisesti jarruihin vaikuttavan säätöventtiilin; asennettu säätöventtiili ei saa olla

ajon aikana säädettävissä;

Ajoneuvossa on oltava mekaanisesti toimiva tehdasvalmisteinen seisontajarru. (Auton ja sen perävaunun rakenteen muuttaminen, TRAFICOM/194495/03.04.03.00/2019)

### 4.3 Jouset

Lain silmissä jousimuutokset ovat yleensä hyvin vähäpätöisiä muutoksia. Tässä ajoneuvossa tosin muutos on isompi, sillä kierrejousen tilalle muutetaan poikittainen lehtijousi ja sen johdosta se vaatii muutokatsastuksen. Ajoneuvon korkeus muuttuu hieman, muttei niin paljoa, että lainsilmissä sitä olisi korotettu tai madallettu. Mikäli ajoneuvossa pidettäisiin kierrejouset, ei muutokatsastukselle olisi tarvetta. Ajoneuvon asennettu poikittainen lehtijousi on kiinnikkeitä myöden tehdasvalmisteinen. Lehtijousi ei pääse irtomaan kiinnikkeistään, vaikka ajoneuvo nostettaisiinkin ilmaan. (Auton ja sen perävaunun rakenteen muuttaminen, TRAFICOM/194495/03.04.03.00/2019)

Ajoneuvossa, joka on otettu käyttöön ennen 1 päivää tammikuuta 1998, ajoneuvon laitteiden ja varusteiden vähäiseksi muutokseksi, joka ei vaikuta liikenneturvallisuuteen eikä aiheuta muutokatsastusvelvollisuutta, rinnastetaan:

10) jousien ja jousituksen osien vaihtaminen 3.11.2 kohdan mukaisin edellytyksin  
pois lukien jousitustyyppin muutos ja muutokset, jotka rajoittavat joustovaraa.

Kaikissa ajoneuvon korkeudenmuutoksissa tulee huomioida, että valaisimien ja muiden varusteiden korkeusvaatimukset täyttyvät muutoksen jälkeen.

Alustan korkeudenmuutoksen jälkeen kuormaamattoman ajoneuvon maavaran on oltava vähintään 80 millimetriä. Ajoneuvon kokonaiskorkeuden lisäys yhdessä mahdollisen korin korottamisen ja renkaiden muutoksen kanssa saa olla enintään 100 millimetriä, josta enintään puolet saadaan tehdä muulla tavalla kuin renkaiden kokoa suurentamalla, maastoajoneuvojen alaluokissa kuitenkin enintään 150 millimetriä, josta enintään puolet saadaan tehdä muulla kuin renkaiden kokoa suurentamalla. Korotus tulee tehdä symmetrisesti pituus- ja sivuttaissuunnassa.

### 3.11.2 Jousitus

Ajoneuvon alkuperäisen jousitustyyppin saa muuttaa muutossarjalla, jonka tulee olla kiinnikkeitä lukuun ottamatta tehdasvalmisteinen ja soveltua muutoksen kohteena olevaan ajoneuvoon.

- 2) renkaat eivät saa osua ajoneuvon rakenteisiin missään ohjauksen ja jousituksen asennossa;
- 3) heilahduksenvaimentimet eivät saa toimia jousituksen sisäänjouston rajoittimina joustovaran loppuessa, ellei niitä ole varustettu tähän tarkoitetuilla joustonrajoitinkumeilla
- 4) vaihdettujen kierrejosten tulee olla jousilautasiin sopivat, ja jouset eivät saa akselisto kevennettynäkään päästä irtoamaan jousilautasista.

### 4.6 Ohjauslaitteet ja jousitus

Jousitustyyppin muutokset on tehtävä muutoksen kohteena olevaan ajoneuvoon ja sen massoille soveltuvalla muutossarjalla, jonka tulee olla kiinnikkeitä lukuun ottamatta tehdasvalmisteinen. (Auton ja sen perävaunun rakenteen muuttaminen, TRAFICOM/194495/03.04.03.00/2019)

### 4.4 Heilahduksenvaimentimet

Heilahduksenvaimentimille ei ole erityisiä lain määrittämiä vaikutuksia. Ainoa vaatimus on, ettei heilahduksenvaimentimet toimi jousituksen sisäänjouston rajoittimina joustovaran loppuessa. Ajoneuvoon asennetuissa heilahduksenvaimentimissa ei ole sisäänrakennettuja joustonrajoitinkumeja. (Auton ja sen perävaunun rakenteen muuttaminen, TRAFICOM/194495/03.04.03.00/2019)

Vaatimukset ajoneuvon alustan korkeudenmuutoksille:

- 2) renkaat eivät saa osua ajoneuvon rakenteisiin missään ohjauksen ja jousituksen asennossa;
- 3) heilahduksenvaimentimet eivät saa toimia jousituksen sisäänjouston rajoittimina joustovaran loppuessa, ellei niitä ole varustettu tähän tarkoitetuilla joustonrajoitinkumeilla (Auton ja sen perävaunun rakenteen muuttaminen, TRAFICOM/194495/03.04.03.00/2019)

### 4.5 Vaihteisto ja välityssuhteet

Vaihteiston vaihtuessa ei ole syytä muutoskatsastukselle, sillä se ei vaikuta nopeusmittarin toimintaan. Tasauspyörästä välityssuhteeseen ei myöskään tule

muutoksia, joten senkin puolesta lain pykälät täyttyvät. (Auton ja sen perävaunun rakenteen muuttaminen, TRAFICOM/194495/03.04.03.00/2019)

5) vaihteiston muuttaminen tai vaihtaminen edellyttäen, että muutoksella ei ole

vaikutusta kuljettajaa avustavien turvajärjestelmien toimintaan ja, että nopeusmittari sekä mahdolliset ajopiirturi ja nopeudenrajoitin kalibroidaan;

6) voimansiirron välityssuhteen muuttaminen edellyttäen, että muutoksella ei

ole vaikutusta kuljettajaa avustavien turvajärjestelmien toimintaan ja, että nopeusmittari sekä mahdolliset ajopiirturi ja nopeudenrajoitin kalibroidaan (Auton ja sen perävaunun rakenteen muuttaminen, TRAFICOM/194495/03.04.03.00/2019)

#### **4.6 Renkaat ja vanteet**

Ajoneuvoon on tarkoitus asentaa alkuperäisten 195/60R15 renkaiden tilalle 225/40R17 koossa olevat renkaat. Nämä renkaat tulee muutokatsastaa. Renkaiden pyörintäkehän ero on n. 0.5 % luokkaa, joten sillä ei ole merkittävää eroa alkuperäiseen rengaskokoon, eikä sitä myötä mittarivirheeseen. Isommalla rengaskoolla on yleensä myös isompi kantavuus, joten tästä ei tule katsastuksen suhteen ongelmia, ne eivät tässä tapauksessa rajoita kyseisen ajoneuvon akselimassoja. Renkaan leveys pysyy 40 millimetrin muutosmarginaalin sisällä. Vanteiden puolesta raideväli muuttuu laskennallisesti per puoli noin kahden millin verran. Tarkoittaen, että uudet vanteet tulevat noin 2 millia ulkopuolelta ulommas, kuin alkuperäiset vanteet. (Auton ja sen perävaunun rakenteen muuttaminen, TRAFICOM/194495/03.04.03.00/2019)

3) renkaan leveyden muuttaminen enintään 40 millimetrillä tai 20 prosentilla suurimmasta valmistajan ilmoittamasta tai rekisteriin merkitystä rengasleveydestä suuremman arvoista ollessa määräävä, jos renkaiden kantavuus ei rajoita ajoneuvolle käytössä sallittua akselimassa pienemmäksi kuin akselille teknisesti sallittu massa ja renkaan ulkohalkaisijan muuttaminen huomioiden kohtien 3.13 ja 4.8 määräykset;

#### **3.13 Renkaat ja vanteet**

Ajoneuvon vanteiden ja renkaiden muutokset on toteutettava niin, etteivät renkaat muutosten jälkeen osu ajoneuvon muihin rakenteisiin missään ohjauksen tai jousituksen asennossa.



Vanteiden vaihdon seurauksena ajoneuvon kunkin akseliston raideväli saa muuttua enintään 30 millimetriä alkuperäiseen verrattuna, ellei ajoneuvon valmistaja muuta ilmoita.

Renkaan ulkohalkaisijaa saa muuttaa ajoneuvon valmistajan ilmoittamaan suurimpaan renkaaseen verrattuna enintään 15 prosenttia. Muutettaessa renkaan ulkohalkaisijaa, on mahdolliset nopeudenrajoitin ja ajopiirturi kalibroitava sekä nopeusmittarin näyttämä tarvittaessa korjattava. (Auton ja sen perävauunun rakenteen muuttaminen, TRAFICOM/194495/03.04.03.00/2019)

## 5 TULOKSET

Akseliston käytännön toteutuksen jälkeen tehtiin teoreettiset laskelmat saavutuksista. Aiemmin koko akselisto tasauspyörästöineen ja vetoakseleineen kuului jousittamattomaan massaan. Uuden akseliston myötä tasauspyörästö kuuluu jousitettuun massaan, sen ollessa akseliston kehdon yhteydellä korissa kiinni. Vetoakselit sen sijaan kuuluvat nykyään osittain jousitettuun ja osittain jousittamattomaan massaan. Lisäksi akseliston kehdon ja renkaiden välissä on tukemassa itse pyörännavat, pyöränlaakerit, ylätukivarret, alatukivarret, pitkittäistukivarret ja jarruosat. Sekä ylätukivarret, alatukivarret ja pitkittäistukivarret kuuluvat osittain sekä jousitettuun, että jousittamattomaan massaan. Pyörännavat, pyöränlaakerit ja jarruosat sen sijaan kuuluvat ainoana täysin jousittamattomaan massaan. Puoliksi jousittamattomaan ja jousitettuun massaan kuuluvat osat oletettiin jakavan painonsa puoliksi molempiin kategorioihin.

Vastaavan ajoneuvon alkuperäinen taka-akselimassa mitattiin olevan noin 620 kg tyhjällä tankilla. Tämä massa nousi uuden akseliston ja polttoainetankin myötä noin 40 kg. Ajoneuvon painon nostamista tulisi välttää, mutta tässä tapauksessa se on väistämätöntä muiden ajo-ominaisuuksien parantumiseksi. Polttoainetankin tilavuus kasvaa muutoksen johdosta noin 20 litraa, joten painon suhteen sillä ei ole suurta merkitystä. 20 litraa tuo kuitenkin lisää kantamaa ajoneuvolle ja 20 litran polttoaineen tuoma painolisä palaa bensiiniajoneuvossa nopeasti ajon aikana pois. Tällöin uusi taka-akselimassa tyhjällä tankilla olisi noin 660 kg verran. Polttoainetankin ollessa täynnä, on ajoneuvon massa 80 litran polttoainetilavuudella hyvin lähelle etuakselimassaa. Samasta ajoneuvosta mitattiin myös etuakselimassa. Etuakselimassa oli 745 kg, jolloin päästään lähemmäs ihanteellista 50/50 painojakaumaa uuden akseliston asennuksen myötä. Tämän puolesta ajoneuvo tulee olemaan hieman vähemmän yliohjautuva kuin aiemmin.

Ajoneuvon korin ominaistaajuudella voidaan hahmottaa jousitetun massan muutoksia helpommin. Laskuissa oletetaan renkaiden pysyvän samana akselin vaihdosta huolimatta. Näin tehdään, jotta tulokset pysyvät paremmin vertailukelpoi-

sina. Pyörän joustojäykkyys oletetaan noin kymmenkertaiseksi ajoneuvon jousivakiosta. Jousivakio muuttuu jousen vaihduttua, joten uuden jousivakion käyttäminen muuttaisi tulokset vertailukelvottomiksi.

Kaavojen laskemiseen tarvittiin lähtöarvoiksi ajoneuvon yhden nurkan jousen jousivakio ja saman nurkan jousitettu massa, mitkä löytyvät taulukosta 2. Taulukon 2 lähtöarvot olivat omien mittauksien tuloksena saatuja.

TAULUKKO 2. Lähtöarvot

	Jäykkä taka-akseli	Multilink taka-akseli
$c_1$	34952 N/m	57589 N/m
$c_2$	349520 N/m	349520 N/m
$m_1$	310 kg	330 kg
$m_2$	48,785 kg	29,3 kg

Kaavassa 1 on esitetty, kuinka ajoneuvon korin ominaistaajuus voitiin laskea. Kaavalla laskettiin ajoneuvon yhden nurkan ominaisuuksia.

$$f_{01} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{c_1}{m_1}} \quad (1)$$

Kaavalla 2 voitiin laskea ajoneuvon pyörän ominaistaajuus, kun tiedettiin ajoneuvon yhden nurkan jousittamattoman massan määrä, saman nurkan jousen jousivakio ja pyörän jousivakio.

$$f_{02} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{c_1 + c_2}{m_2}} \quad (2)$$

Jäykän taka-akselin arvoilla laskettuna kaavaa 1 apuna käyttäen korin ominaistaajuudeksi saadaan noin 1,69 Hertziä. Tämä arvo on normaalissa katuautossa noin 1...1,5 Hz välillä. Arvo on kuitenkin pyritty pitämään etuakselia suurempana nyökkäyksen ja niauksen minimoimiseksi, jolloin se voi lähennellä jopa 2 Hertziä.

$$f_{01} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{34952 \text{ N/m}}{310 \text{ kg}}} = 1,69 \text{ Hz}$$

Jäykän taka-akselin pyörän ominaistajuudeksi laskettiin kaavan 2 avulla noin 14,19 Hertziä. Tyypillisesti se on 9...14 Hz välillä.

$$f_{02} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{34952 \text{ N/m} + 349520 \text{ N/m}}{48,375 \text{ kg}}} = 14,19 \text{ Hz}$$

Ajoneuvon uusi taka-akseli tuo hieman lisää painoa jousitettuun massaan ja jäykemmän jousen. Kaavalla 1 laskettaessa nähtiin, että se nosti korin ominaistajuuden noin 2,1 Hertziin. Yli 2 Hertzin taajuuksia nähdään enemmän kilpa-autoilun puolella.

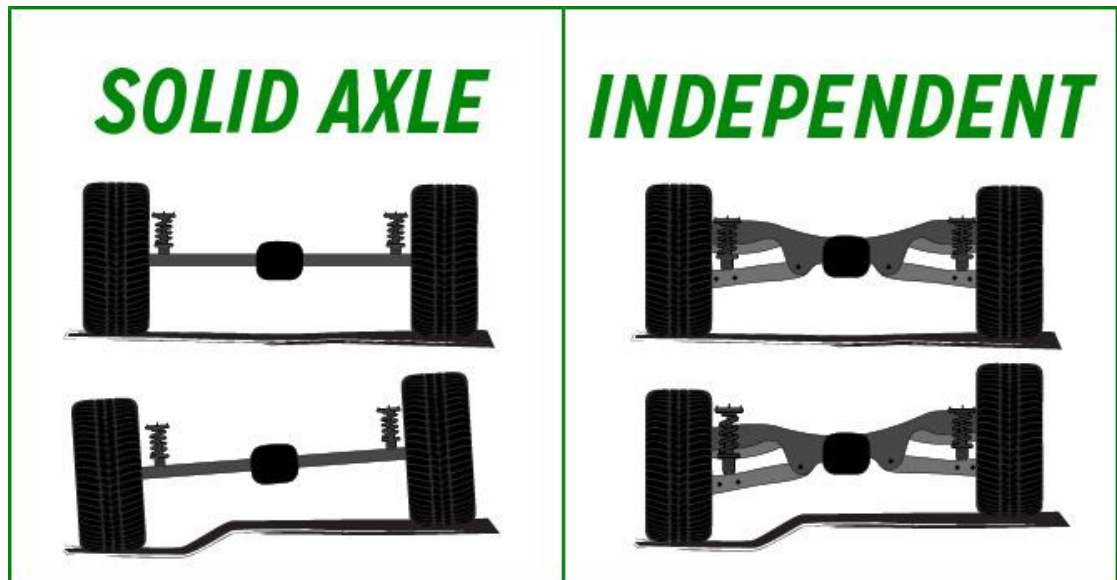
$$f_{01} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{57589 \text{ N/m}}{330 \text{ kg}}} = 2,10 \text{ Hz}$$

Kaavan 2 avulla laskettiin myös uuden taka-akselin pyörän ominaistajuus. Se nousi huomattavasti verrattuna aiemmin ajoneuvossa olleeseen taka-akseliin. Pyörän joustojäykkyys pidettiin samana tässä laskussa, jotta tulokset pysyisivät vertailukelpoisina.

$$f_{02} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{57589 \text{ N/m} + 349520 \text{ N/m}}{29,3 \text{ kg}}} = 18,76 \text{ Hz}$$

Uuden akseliston myötä molempien pyörien on mahdollista joustaa itsenäisesti töyssyissä toisistaan riippumatta. Kuvassa 24 on hyvin havainnollistettu tällä säävutettu hyöty. Tästä kuvasta voidaan nähdä, kuinka töyssyn kohdatessaan jäykkä taka-akseli reagoi molempien puolien renkailla tähän tiessä tulevaan kumpuun. Multilink-akselistolla, tai IRS akselilla ainoastaan töyssyn kohdannut puoli akselistasta reagoi kumpuun. Jäykällä taka-akselilla tämä tarkoittaa, että tasaisella olevan renkaan camber-kulma muuttuu, mikä voi johtaa kummun koosta riippuen renkaan kosketuspinta-alan pienenemiseen tiehen nähden, näin ollen vähentäen

pitoa maata vasten. Sama ilmiö toteutuu molemmille renkaille, mikäli renkaat ovat eri tasossa, mutta kummatkin tasaisella pinnalla. Multilink-akselistolla taas töyssystä huolimatta molemmat renkaat pysyvät kohtisuoraan tienpintaa vasten tasoerosta huolimatta, mikäli renkaat ovat muuten tasaisella tiellä. Tämä on ajomukavuuden ja turvallisuuden kannalta erittäin positiivinen asia, sillä se edistää renkaiden pidon määrää ja vähentää sivuluiston riskiä.



KUVA 24. Jäykkä taka-akseli verrattuna multilink-akseliin (van Zyl n.d.)

Jäykässä taka-akselissa ei ole minkäänlaisia säätöjä millekään pyöränkulmille sen fyysisistä ominaisuuksista johtuen. Kyseisen akselin camber-kulma on suoralla ja tasaisella tiellä 0-astetta. Töyssyissä camber-kulma muuttuu tiehen nähden molemmissa renkaissa, vaikka toinen rengas menisi jatkuvasti tasaisella alustalla. Aoraus-, eikä harituskulmia pysty myöskään säätämään.

Multilink-akselistolla kuvassa 25 voidaan nähdä ohjearvot, joiden mukaan camber-kulma muuttuu noin 0-asteen ja 1,5-asteen välillä. Tämän lisäksi multilink-akselilla pystytään säätämään ajoneuvon aorauskulmia. Aorauskulma on säädettävissä 0,6...8-astetta molempiin suuntiin. Tämä mahdollistaa ajotuntuman hienosäätöä mieluisammaksi tarvittaessa.

## Takapyörän Camber-kulma

X1	15" Alloy	X1	15" Steel
522 mm	1,60N±0,40	526 mm	1,60N±0,40
528 mm	1,40N±0,40	533 mm	1,40N±0,40
535 mm	1,20N±0,40	540 mm	1,20N±0,40
542 mm	1N±0,40	546 mm	1N±0,40
548 mm	0,80N±0,40	552 mm	0,80N±0,40
555 mm	0,60N±0,40	560 mm	0,60N±0,40
562 mm	0,40N±0,40	566 mm	0,40N±0,40
569 mm	0,20N±0,40	573 mm	0,20N±0,40
575 mm	0±0,40	580 mm	0±0,40
582 mm	0,55±0,40	587 mm	0,55±0,40
X1	16" Alloy	X1	17" Alloy
536 mm	1,60N±0,40	550 mm	1,60N±0,40
543 mm	1,40N±0,40	556 mm	1,40N±0,40
550 mm	1,20N±0,40	563 mm	1,20N±0,40
556 mm	1N±0,40	570 mm	1N±0,40
563 mm	0,80N±0,40	576 mm	0,80N±0,40
570 mm	0,60N±0,40	584 mm	0,60N±0,40
576 mm	0,40N±0,40	590 mm	0,40N±0,40
584 mm	0,20N±0,40	596 mm	0,20N±0,40
590 mm	0±0,40	603 mm	0±0,40

fig80022

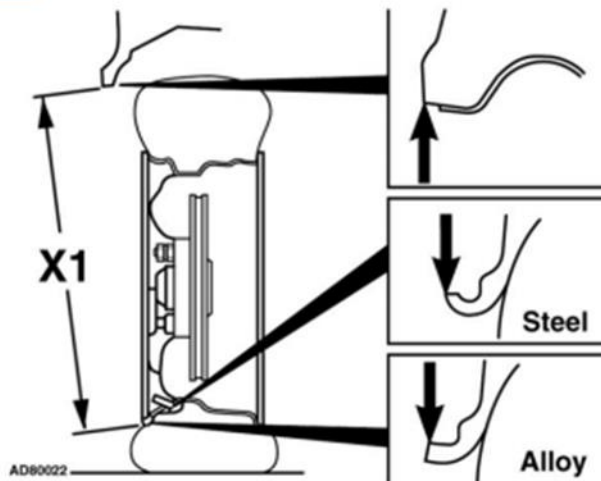


Fig. fig80022

KUVA 25. Kuvakaappaus autodatasta Camber-kulman arvoista multilink-akselille alkuperäisessä ajoneuvossa (Autodata n.d.)

Uuden akseliston myötä ajoneuvon tulee myös tasauspyörästä luistonrajoitin. Tämä kyseinen luistonrajoitin on Eatonin valmistama G80, jota käytettiin jo aiemmin esimerkkinä. Tästä on etenkin hyötyä, kun ajoneuvon ollaan asentamassa sellaista moottoria, jossa on vähintään 100 hevosvoimaa enemmän kuin alkuperäisesti tehtaalta lähtiessä. Se auttaa vetopidon pitämisessä ja sen johdosta myös sivuttaisluiston riski pienenee huomattavasti.

Renkaiden osalta 195/60R15 kokoon verrattuna uusilla 225/40R17 renkailla saavutetaan 30 mm leveämpi kuvio. Tällöin renkaan tienpintaa koskeva pinta-ala kasvaa ja saavutetaan parempi pito sen puolesta. Ajoneuvon profiilin suuruus laskee, mutta vierintäkehä ei muutu kuin maksimissaan 0,5 prosenttia alkuperäisestä. Matalammalla rengasprofiililla saavutetaan parempi tuntuma tienpintaan, mutta samalla töyssyt ja epätasaisuudet tiessä tuntuvat kuljettajalle kovemmin.

## 6 POHDINTA

Aiemmin ajoneuvossa olleille kierrejousille löytyy huomattavasti enemmän vaihtoehtoja eri valmistajilta, ja niitä voi ostaa hyvin varustelluista tavarataloista huomattavasti helpommin. Kuten aiemmin työssä mainittiin, voidaan kierrejousen progressiivisuuteenkin vaikuttaa jousista tehdessä ja voidaan kokeilla erilaisia ratkaisuja jousia vaihtamalla helposti. Tässä ajoneuvossa tämä mahdollisuus tehtiin siis huomattavasti hankalammaksi akseliston vaihdoksen ansiosta. Hyvänä puoleena toimii poikittaisen lehtijousen ominaisuus toimia osaltaan myös kallistuksenvakaajana ja tällöin ajoneuvo ei välttämättä vaadi erillistä kallistuksenvakaajaa tai olemassa oleva vakaaja voidaan tehdä huomattavasti pienemmäksi näin painoa säästäten. Lehtijousen poikittain sijoittaminen myös mahdollistaa, ettei vastaavaa ilmiötä tapahdu, kuin pitkittäin asetetulla lehtijousella on tapana. Pitkittäin asennettu lehtijousi on koriin ja akselistöön kiinnitetty yleensä useampi kerroksinen metallinen jousipakka. Tällaisella jousituksella varustettu ajoneuvo vain toisella puolella jousistaessaan muuttaa akseliston asentoa samalla, sillä lehtijousi pitenee kasaan painuessaan. Näin voi syntyä ei haluttuja ohjausliikkeitä ajoneuvon huonojen ominaisuuksien puolesta. Poikittain asetetulla lehtijousella ei ole tätä ominaisuutta.

Multilink-akselin laskettu ajoneuvon korin ominaistajuus oli hieman suuri siihen nähden, mitä on totuttu sen olevan. Ominaistaajuuden laskemiseksi voisi harkita lehtijousen vaihtamista. Nykyinen ajoneuvosta löytyvä jousi on farmari mallisesta ajoneuvosta ilman nivomat heilahduksenvaimentimia. Kyseistä multilink-akselia on saanut kolmella eri jousella. Jos ajoneuvo on varustettu nivomat heilahduksenvaimentimilla, on niissä käytetty jousista osanumerolla 6819300. Sedan mallisessa ajoneuvossa ilman nivomat heilahduksenvaimentimia osanumero on ollut 6819301. Farmari mallisessa ajoneuvossa ilman nivomat heilahduksenvaimentimia osanumero on 9140471. Näistä jousista pienimmän jousivakion omaa nivomat heilahduksenvaimentimien kanssa käytössä oleva jousi. Suurin jousivakio on farmarimallisella ilman nivomat heilahduksenvaimentimia olevalla. Laskuja varten on selvitetty 6819301 osanumerolla olevan jousen jousivakio. Näin ollen markkinoilla olisi saatavilla pienemmän, sekä vielä suuremman jousivakion omaavia lehtijousia suoraan kohdeajoneuvoon sopivina. (Volvo Parts Webstore.



n.d.) Näiden jousien jousivakioita ei ole tiedossa, mutta jos oletetaan esimerkin vuoksi jousivakioksi 29500 N/m. Tällä arvolla kaavalla 1 laskettuna saataisiin ajoneuvon korin ominaistajuudeksi 1,5 Hz, joka menisi lähemmäs ajoneuvon alkuperäistä ominaistajuutta.

$$f_{01} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{29500 \text{ N/m}}{330 \text{ kg}}} = 1,50 \text{ Hz}$$

Ajoneuvoa tullaan aluksi kokeilemaan ajoneuvon asennetulla jousella, jonka jousivakio on kolmesta markkinoilla olevasta jousesta keskimäinen. Tämä jousi on tarkoitettu sedan malliseen ajoneuvon ilman nivomat heilahduksenvaimentimia, kuten se nyt on asennettu. Kokoonpanoa tullaan kokeilemaan käytännön tilanteissa ja tarvittaessa tilalle voidaan kokeilla 6819300 osanumerolla olevaa jouta, sillä sellainen on valmiiksi hankittuna projektia varten. Ajallisista syistä sen jousivakiota ei ole pystytty selvittämään, jotta voitaisiin selvittää korin ominaistajuuden muutos sillä jousella. Tulevaisuudessa sekin tullaan opinnäytetyön ulkopuolella selvittämään ja toteamaan käytännössä ajoneuvon käyttäytymisen erot. Pelkkä korin ominaistajuuden tarkastelu ei yksinään kerro miten ajoneuvo tulee käyttäytymään. Se kertoo kyllä sen, että matkustajien matkustusmukavuus kärsii hieman alkuperäiseen taka-akseliin verrattuna värähtelytaajuuden muututtua.

Ajoneuvon valmistuessa on hyvä todeta ajoneuvon käyttäytyminen käytännössä omien mieltymysten mukaan ja katsoa kuinka syvälle metsään on menty ja korjata huonoksi havaitut ominaisuudet paremmilla ratkaisuilla. Ajoneuvon rakentamisen pääperiaatteena oli päivittää tätä 1988 vuonna valmistettua ajoneuvoa lähemmäksi nykypäivää. Tämä on yksi syy, miksi päädyttiin asentamaan tämä taka-akseli tähän ajoneuvon. Rahallisesti ajatellen työ on melko järjetön. Osien hankkiminen suoritettiin pääosin purkuautoja hyödyntäen. Silti pelkät akseliston käytetyt osat maksoivat jo useita satoja euroja. Lisäksi aikeissa on kunnostaa akseliston puslat ja nivelet, jolloin akseliston kokonaissumma tulisi nousemaan reilusti yli tuhanteen euroon. Jokainen voi omalla kohdallaan miettiä, haluaako sijoittaa kymmeniä, ellei satoja tunteja ja tuota isoa rahasummaa näillä hyödyillä 33 vuotta vanhaan ajoneuvon. Ajoneuvon arvoa nämä muutokset eivät nosta, joten myyntiarvoon nähden työssä ei ole järkeä. Itsensä haastamisen ja harras-

tuksen suhteen taas työ on ollut varsin mielenkiintoinen ja opettavainen. Varsinkin kun elämäni aikana vastaavaan ajoneuvoon tehtyjä vastaavanlaisia muutoksia on tullut vastaan alle viisi kappaletta. Vastaavia ajoneuvoja voi olla enemmänkin, mistä ihmiset eivät julkisesti puhu tai julkaise materiaalia, mutta omat kohtaamani tapaukset harrastepiireissä ja internetin välityksellä löydetyt ovat harvassa.

Mikäli vastaavaa työtä harkitsee tekevänsä vastaavanlaiseen ajoneuvoon, kannattaa tällöin tarkistaa huolella ajoneuvon kori. Mikäli korista ei löydy tehtaan alkuperäisiä kiinnikkeitä, tulee akseliston sovitus ja katsastaminen olemaan huomattavasti vaikeampi prosessi. Osassa koreista on kiinnityskohdissa reiät valmiina, muttei vastakappaleita, mutta osassa ei ole edes reikiä valmiina. Kummasakin tapauksessa kierteitä varten vastakappaleita tehtäessä tulee katsastusta ajatellen ongelmaksi kiinnityspisteiden lujuuden toteaminen. Katsastuksessa vaaditaan lujuuslaskelmat tai muu luotettava lujuuden todistava tekijä.

## LÄHTEET

Autodata n.d. Sovellus. Luettu 14.05.2021.

Cj Pony Parts. 2021. MUSTANG LINEAR VS PROGRESSIVE SPRINGS. Päivitetty 08.02.2021. Luettu 14.05.2021. <https://www.cjponyparts.com/resources/mustang-linear-vs-progressive-springs>

Danawa DPG. 2015. 자동차의 숨겨져 있던 그림자를 찾아서. Julkaistu 03.09.2015. Luettu 14.05.2021. <http://dpg.danawa.com/news/view?board-Seq=62&listSeq=2991784&past=Y>

Harris, W. 2021. How Car Suspensions Work. Päivitetty 08.02.2021. Luettu 14.05.2021. <https://auto.howstuffworks.com/car-suspension.htm>

Hyde, A. 2009. Gearbox ratios compared – 5 Speed Supra + Getrag + Volvo Ratios. Julkaistu 08/2000. Päivitetty 11/2009. Luettu 14.05.2021. [https://people.physics.anu.edu.au/~amh110/gearbox\\_ratios\\_compared.htm](https://people.physics.anu.edu.au/~amh110/gearbox_ratios_compared.htm)

Hyvärinen, V., Mattila, P., Mylläri, A., Rantala, J. & Sirola, J. 2002. Auto- ja kuljetusalan erikoistumisoppi 1, alusta- ja hallintalaitteet. 1.–2. painos. Keuruu: Otavan Kirjapaino Oy.

Mauno, E. 1991. Virittäjän Käsikirja 2, alusta. Helsinki: Alfamer Oy.

Niemi, M. & Nieminen, S. 1990. Autotekniikan perusteet 3, alusta- ja hallintalaitteet. 1. painos. Porvoo: WSOY

Overton, S. 2009. Inside the Eaton G80 locker. Youtube-video. Julkaistu 22.09.2009. Viitattu 14.05.2021. <https://www.youtube.com/watch?v=tTGZO-JQQBeE>

Pasterjak, J.G. 2019. Project Z06: Trading Our Leaf Springs for Coil Springs. Julkaistu 28.03.2019. Luettu 14.05.2021. <https://grassrootsmotor-sports.com/project-cars/2004-Chevrolet-corvette-z06/project-z06-trading-our-leaf-springs-coil-springs/>

Plastics today. 2014. Composite transverse leaf spring is lightweight, compact. Julkaistu 18.12.2014. Luettu 14.05.2021. <https://www.plasticstoday.com/composite-transverse-leaf-spring-lightweight-compact>

Stillen. n.d. INFINITI Q50 SWAY BARS – FRONT AND REAR. Luettu 14.05.2021. <https://stillen.com/products/infiniti-q50-sway-bars-front-and-rear>

Summit Racing Equipment. 2019. What is a monotube shock? Julkaistu 20.12.2019. Luettu 14.05.2021. [https://help.summitracing.com/app/answers/detail/a\\_id/5251/~/what-is-a-monotube-shock%3F](https://help.summitracing.com/app/answers/detail/a_id/5251/~/what-is-a-monotube-shock%3F)

Superior Glass Works. n.d. Universal Leaf-spring Rear Suspension Kit. Luettu 14.05.2021 <http://www.superiorglassworks.com/SKU-TCILEAF-p/tcileaf.htm>

The Humble Mechanic. 2012. UNDERSTANDING YOUR VEHICLE'S TIRES, GOING BEYOND ROUND. Julkaistu 24.04.2021. Luettu 14.05.2021. <https://humblemechanic.com/understanding-your-vehicles-tires-going-beyond-round>

Traficom. 2021. Ajoneuvotiedot ja veron maksu. Luettu 14.5.2021. <https://www.traficom.fi/fi/asioi-kanssamme/ajoneuvotiedot-ja-veron-maksu>

Traficom. 2021. AUTON JA SEN PERÄVAUNUN RAKENTEEN MUUTTAMINEN. Luettu 14.05.2021. <https://www.traficom.fi/fi/ajankohtaista/uusi-maarays-auton-ja-sen-peravaunun-rakenteen-muuttaminen>

Turbobricks. 2017. Sander's 6.0 V12 745 project. Julkaistu 08.24.2017. Luettu 14.05.2021. <http://forums.turbobricks.com/showthread.php?t=331262&page=5>

van Zyl, M. n.d. Solid axles or independent suspension, which is better?. Luettu 14.05.2021 <https://www.ironman4x4.co.za/solid-axles-or-independent-suspension-which-is-better/>

Volvo Parts Webstore. n.d. Rear Suspension Multi-Link 1995-. Luettu 21.11.2021. [https://www.volvopartswebstore.com/showAssembly.aspx?ukey\\_assembly=237778&ukey\\_make=865&ukey\\_model=11969&modelYear=1997&ukey\\_category=7868&ukey\\_driveLine=499&ukey\\_trimLevel=24646](https://www.volvopartswebstore.com/showAssembly.aspx?ukey_assembly=237778&ukey_make=865&ukey_model=11969&modelYear=1997&ukey_category=7868&ukey_driveLine=499&ukey_trimLevel=24646)

Zahl, T. 2015. Coil, Leaf, & Torsion Bar | Describing The 3 Different Kinds of Springs. Julkaistu 03.10.2015. Luettu 14.05.2021 <https://www.carid.com/articles/coil-leaf-and-torsion-bar-describing-the-3-different-kinds-of-springs.html>